

## THREE DIMENSIONAL SHAPE-MEASURING APPARATUS

Publication number: JP7174536

Publication date: 1995-07-14

Inventor: NORITA TOSHIO; MIYAZAKI MAKOTO

Applicant: MINOLTA CO LTD

Classification:

- International: G01B11/00; G01B11/24; G01B11/245; G06T1/00;  
G06T7/00; G01B11/00; G01B11/24; G06T1/00;  
G06T7/00; (IPC1-7): G01B11/24; G01B11/00; G06T7/00

- European:

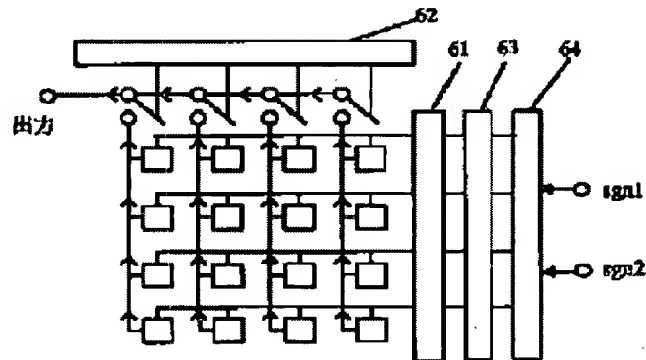
Application number: JP19930320245 19931220

Priority number(s): JP19930320245 19931220

Report a data error here

### Abstract of JP7174536

**PURPOSE:** To read at a high velocity by shortening the time required for reading an image in a three-dimensional shape-measuring apparatus which measures a shape of an object. **CONSTITUTION:** In an area image sensor, when a signal setting a scanning start position is input, the content is transferred to a vertical scanning circuit 61 thereby to set the scanning start position. An image of a required line is read out through horizontal scanning. Thereafter, a one-shift signal for vertical scanning is input to shift the scanning position by one line, and an image of a line is read by horizontal scanning. A desired band-shaped image is read out by repeating the process.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-174536

(43)公開日 平成7年(1995)7月14日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/24	K			
11/00	H			
G 0 6 T 7/00				
			G 0 6 F 15/ 62	4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 26 頁)

(21)出願番号 特願平5-320245

(22)出願日 平成5年(1993)12月20日

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号  
大阪国際ビル

(72)発明者 糊田 寿夫

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタカメラ株式会社内

(72)発明者 宮崎 誠

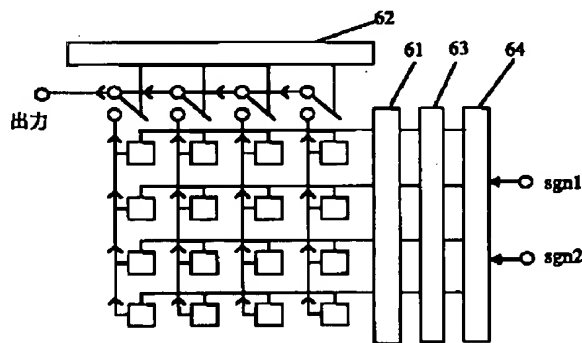
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪  
国際ビル ミノルタカメラ株式会社内

(54)【発明の名称】 3次元形状測定装置

(57)【要約】

【目的】 対象物体の形状を測定する3次元形状測定装置で画像の読み出しに要する時間を短縮し高速に読み出しを行う。

【構成】 エリアイメージセンサにおいて、走査開始位置セット信号を入力するとその内容が垂直走査回路61に転送され、走査開始位置が設定される。そして、水平走査を行うことで所望の行の画像読み出しが行われる。次に垂直走査の1シフト信号を入力し走査位置を1行ずらし水平走査を行うことで読み出しを行う。この処理を繰り返すことで所望の帯状画像の読み出しができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 スリット光を対象物体に投射して2次元撮像素子で撮像して対象物体の形状を測定する3次元形状測定装置において、

上記2次元撮像素子はスリット光が入射すると推測される領域の帯状画像を選択的に読み出すことを特徴とする3次元形状測定装置。

【請求項2】 上記2次元撮像素子を複数のブロックに分割してブロック毎に並列に読み出しを行い、並列に読み出された信号を選択して出力することを特徴とする請求項1記載の3次元形状測定装置。

【請求項3】 上記2次元撮像素子は1列並列排出手段を有し帯状画像を選択して出力することを特徴とする請求項1記載の3次元形状測定装置。

【請求項4】 上記2次元撮像素子はX-Yアドレス走査型2次元撮像素子であり読み出し開始行設定手段を有し、帯状画像を選択して出力することを特徴とする請求項1記載の3次元形状測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、対象物体の3次元形状を測定し測定結果を画面表示する3次元形状測定装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 自然物や生体の計測、ロボットの視覚認識など様々な産業分野において3次元情報が利用されている。静止物体の形状を測定するのであれば計測に数秒要しても特に問題とはならない。しかし、移動ロボットの視覚認識のように動体の3次元計測を行う装置においては、高速で精度よく3次元形状を計測する装置が必要となってくる。従来、物体の3次元形状の認識を行う手段のうち、最も実用的な手段として光切断法がよく利用されている。光切断法は図1に示すように対象物体にスリット状のレーザ光Sを照射し、スリット光Sに対応する対象物体1のスリット像をカメラの撮像面上に捕える。すると、スリット上のある1点p'に対応する対象物体上の点pの空間座標は、スリット光のなす平面Sと、点p'と撮像装置のレンズの中心点Oとを結ぶ直線Lとの交点の座標として求められる。このように、1枚の画像からスリット像上の各点に対応した物体表面の点群の空間座標が求められ、スリット光の水平方向の移動と画像入力を繰り返すことで対象物体全体の3次元情報を獲得することができる。

【0003】 撮像素子としてはCCDエリアセンサがよく利用されており、この構成で画像を読み出すには1ラインのスリット光の走査に対してCCD全面素子を読み出してあり、対象物体の全面を走査するには1ラインの走査に要する時間のライン数倍の時間がかかる。しかし、動体の3次元計測などを行うには高速の入力装置が必要となるため、入力を高速化した装置が種々提案されてい

る。

【0004】 特公昭56-501704号に提案されている装置は、光電変換素子をブロックに分割しブロック内は並列に、各ブロックは順次直列に読み出すことによって全範囲読み出しに要する時間を短縮し処理の高速化を図っている。また、特開昭64-46605号には、撮像素子としてPSD (Position Sensitive Device) アレーを用いた装置が提案されている。この装置ではPSDセンサーからのスリット像の入射位置情報を表す出力信号はリアルタイムで出力されるため、1フレーム分の待ち時間を必要とせず高速計測が可能となる。他に提案されているものでは、15個の光源を用いて異なるパターンで4回点灯し、得られた4回分のデータを合成することで全体の画像を得る装置がある。この装置では回転鏡の制御角を小さくすることができるので高速に全体像を得ることができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記の第一の従来例は、ブロック内は並列読み出しであるが各ブロックは順次直列に読み出して、スリット光の入射していない領域まで読み出しているためブロックの数だけ時間を要する。第二に示した従来例はPSDアレーを用いているために入射するスリット光の位置を検出できるのであるが、これは、外光の影響がない投射スリット光のみの状況では問題にはならない。しかし、外光の影響が入ると外光による光電流はノイズ成分となるため検出される位置はスリット光のみの場合と異なった位置となる。また、PSDは位置を検出しているために外光のみの場合との差分を用いることもできず、正確な測定ができないといった問題がある。第三に示した従来例は15個の光源を用いているためこれらの光源の制御や処理などが必要となり、構成が複雑となり装置が大きくなってしまいう問題があった。

【0006】 本発明はこれらの問題を解決し、対象物体の3次元形状の計測を高速に処理し、また、動体に対しても有効な3次元形状測定装置を提供することを目的としている。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記問題を解決するために本発明は、スリット光を対象物体に投射して2次元撮像素子で撮像して対象物体の形状を測定する3次元形状測定装置において、上記2次元撮像素子はスリット光が入射すると推測される領域の帯状画像を選択的に読み出すことを特徴とする。

## 【0008】

【作用】 上記構成において、対象物体に対してスリット光の照射を行い、画像読み出し時において2次元撮像素子の全領域を読み出すのではなく、2次元撮像素子へスリット光が入射すると推定される領域の帯状画像のみを選択して読み出す。

【0009】

【実施例】以下に本発明に係る実施例を図面を参照しながら説明する。まず、図2に示すのは本発明に係る装置全体の概略ブロック図である。本装置を大きく分けると、半導体レーザ5から出力されたレーザ光をスリット状の光線として対象物体1に照射する投光光学系2、照射されたレーザ光を画像用センサ24、12へ導く受光光学系3があり、これら投光光学系、受光光学系は同じ回転架台4上に配置されている。光学系以外にはセンサから出力される信号を処理してピッチズレ画像とカラー画像を生成する信号処理系と、生成された画像を記録する記録装置から構成されている。図2に示す実線矢印は画像信号、制御信号の電気的信号の流れを示し、破線矢印は投光される光の流れを示している。なお、これら光学系についての詳細な説明は後述する。

【0010】信号処理系の概略について説明すると、距離画像用センサ12により得られた画像はスリット光投光時画像18aとスリット光非投光時画像18bとの減算を行い、その画像に対して入射光重心位置算出処理19、ピッチズレ情報算出処理20、ピッチズレ画像生成処理21が行われる。得られたピッチズレ画像はNTSC変換処理27により出力端子50へ出力したり、或いは、デジタルのままSCSI端子49や内蔵の記録装置22へ転送したりして利用される。また、カラー画像用センサ24により得られた画像は、アナログ処理25を介してカラー画像生成処理26が行われる。得られたカラー画像はNTSC変換処理28されて出力端子51へ出力したり、或いは、デジタルのままSCSI端子49や記録装置22へ転送したりして利用される。

【0011】次に、装置全体の概略構成を示す斜視図を図3に示す。本実施例では、スリット光の長さ方向に256点、スリットの走査方向に324点の距離情報を持つ256×324の距離画像生成システムを一例として説明する。LCDモニタ41はカラー画像センサ24により撮像されたカラー画像、或は本装置内外の記録装置に記録されている3次元データ、或は各種の情報や選択メニュー等の表示を行う。カーソルキー42、セレクトキー43、キャンセルキー44は画像の選択やメニューから各種モードの設定等を行うための操作部材である。45は投光・受光光学系の焦点距離を変化させるズームボタンで、46はマニュアルで焦点合わせを行うMFボタンである。47は後述のシャッターモードでONすることにより距離画像を取り込むシャッターボタンである。撮像した画像の記録装置としては本装置内蔵の光磁気ディスク（以下、MOと称す）やミニディスク（以下、MDと称す）等のドライブ装置48を装備している。端子49は画像等の信号をデジタルで入出力する端子でSCSI等である。ピッチズレ画像出力端子50、カラー画像出力端子51は画像をアナログ信号として出力する端子で、例えばNTSC等のビデオ信号で出力する。

【0012】投光光学系は、水平方向に長いスリット光を上下方向に走査するもので、半導体レーザ5からの光は回転するポリゴンミラー7、コンデンサレンズ10、投光用ズームレンズ11等を経て対象物体へ投影される。受光光学系は受光用ズームレンズ14、ビームスプリッタ15等を経て受光撮像面に配置された距離画像用センサ12、カラー画像用センサ24で撮像を行う。なお、これら光学系、撮像系の詳細な説明は後述する。

【0013】投光系からのスリット光は、距離画像用センサ12が1枚の画像蓄積を行う間に、定常回転しているポリゴンミラー7により距離画像用センサ12の1画素ピッチ分ずつ下方に走査される。距離画像用センサはこの蓄積された画像情報を走査、出力を行うと共に次の画像蓄積を行う。この1度の出力による画像からスリット光の長さ方向の256点の距離情報が算出可能となる。更にミラー走査、画像取り込みを324回繰り返す行うことで256×324点の距離画像生成が行われる。

【0014】一本のスリット光に対して測定される対象物体までの距離範囲は、測定最近距離、測定最遠距離に制限があるため、そのスリット光が物体で反射して撮像素子に入射する範囲はある範囲内に制限される。これは、投光系と受光系が基線長（長さ1）だけ離れて設置されているためである。これを図に示したものが図17であり、距離画像用の撮像素子面に垂直な方向をZ軸としている。dで示す破線の位置は測定基準面であり、素子面からの距離がdである。

【0015】このため、まず測定装置においてはこの入力された画像から256ラインでの受光されたレーザ光の重心位置をオートフォーカスユニットからの物体距離出力と投光するスリット光の方位、すなわち走査開始からの時間とに基づき決定される測定基準面からのズレ量として演算を行う。このピッチズレ量の算出について図4を参照して説明すると、まず、図4は対象物体面へ投光されるスリット光により生成される光量分布を示している。図の下方に示されている升目は距離画像用センサのそれぞれの素子が睨む領域を示していて、升目に手前から1, 2, 3, 4, ...と番号を付す。極めて細いスリット幅を持つスリット光がポリゴンミラー7の回転により1画像蓄積間に距離画像用センサの1ピッチ分だけ走査されるので、1画像入力時の光量分布は距離画像用センサの1ピッチ分の幅を持つ矩形形状の光量分布となる。

【0016】距離画像用センサの各画素について、それぞれZ軸方向の距離情報を算出するためには、このような1ピッチ幅の矩形光量分布であることが望ましい。光量分布の幅が1ピッチ以上となった場合には計測される距離情報は隣接する領域にまたがっている受光強度の荷重平均として求められてしまい正確な距離情報は得られない。

5

【0017】このような光量分布の下、図4で網点で示している階段状の物体面が存在したとして、物体面に垂直な方向からスリット光を投光したとする。細長い直方体で示されているのはスリット光量分布で、斜線で示した領域は投光スリット像を表している。そして、投光系光軸Oxaより左側に傾いた方向に受光系光軸Oxpを設けた位置関係とすると、受光面で受光スリット光量分布は後述のフィルタにより図5に示されるような分布となる。この受光光量には定常光成分が含まれないように、レーザ光成分以外の定常光成分を除去するのが望ましく、そのために、レーザ光が照射されていない状態と照射状態の画像を入力し両者の差を用いる。下方に示された升目は距離画像用センサのそれぞれの素子領域を示している。

【0018】距離画像用センサの前には、受光されるスリット光の長さ方向には分解能を低下させることなく、スリット光の幅方向には分解能を低下させる異方性を持つ光学フィルタが配置されており、このフィルタにより図5に示すようなガウス分布の光量分布が生じる。この光量分布に対して、各列1, 2, 3, 4, ... 内の各センサからの光量分布の重心を求めることで画素ピッチより細かな分解能で受光位置の算出を行うことができる。このように、スリット光入射位置を検出するのにセンサに入射するスリット光の幅を細くせずにフィルタを用いて5~6画素程度の幅のある分布としているのは、入射するスリット光の幅が1画素の幅より細くなってしまうと画素ピッチと同じ程度の位置検出分解能しか得られないためである。

【0019】第1列に入射した光量分布D1から第1列重心位置G1が求められ、同様に第2, 3, 4, ... 各列の重心位置G2, G3, G4, ... を求めることで各列毎に重心が算出される。図に示すように、投光系光軸は物体面に垂直な方向であるが、受光系光軸は左に傾いた方向であるので、図4の様な段差を有する対象物体の場合、低い部分(第1, 2列)の重心に対して高い部分(第3, 4列)は右側にずれた位置に重心が位置することになる。なお、図5には、第1列の分布D1と第4列の分布D4の2種類の分布しか示していないが、第2列の分布D2は第1列の分布D1と同じで、第3列の分布D3は第4列の分布D4と同じ分布となる。これらの光量分布と重心位置の関係を平面的に示すと図6のようになる。第1列と第2列の分布は同じであるため求まる重心G1, G2は同じ位置として、第3列と第4列は同じ分布であるため重心G3, G4は同じ位置として検出される。

【0020】このように1つのスリットに対する帯状画像から256点の入射光位置が求められ、更に、324の方位に投光されるスリットに対して同様の計算を行うことで324枚の画像が得られ、256×324点からなるピッチズレ画像が得られる。得られたピッチズレ画

6

像はスリット光の位置情報のみの画像であり、これから正確な距離画像を得るにはレンズ収差の補正等の詳細なデータのテーブルからのキャリブレーション(補正)が必要となる。これは撮影レンズの焦点距離f、ピント位置dから推測されるレンズ収差を算出し補正を行い、カメラに対する縦、横方向の歪みの補正を行う。これはカラー画像についても同様の処理が行われる。このときに必要なデータは各種測定レンズの情報、すなわち、焦点距離f、ピント位置dである。本実施例のシステムでは、キャリブレーションはコンピュータシステム上でを行い、本計測装置(図3に図示)とはSCSI等の端子を介して接続する、或はMO等の記録メディアでデータを共有できるようにする。

【0021】このように計測装置本体からはカラー画像、ピッチズレ画像をSCSI等の端子からデジタル信号として、或はNTSC等の出力端子からアナログビデオ信号として出力し、キャリブレーションに必要なデータはSCSI等からデジタル信号としてコンピュータへ出力する。また、本体に内蔵しているMOやMD等のドライブ装置48を使って記録媒体に記録する場合も画像と各種のデータを記録する。

【0022】取り込まれたピッチズレ画像とカラー画像は各種の撮影レンズ情報と共に計測装置と接続されたコンピュータへ転送され、コンピュータでは転送されたピッチズレ画像と撮影レンズ情報とから対象物体までの距離の情報を持った距離画像にキャリブレーション、変換を行う。キャリブレーションを行った後、ピッチズレ画像については、焦点距離fとピント位置d、画面内の各縦横位置、XY位置毎に記憶されたズレ量と計測距離との変換曲線を導きだし、その変換曲線に基づいてピッチズレ画像を距離画像に変換する。

【0023】距離画像への変換については周知であり、詳細には、電子情報通信学会研究会資料PRU91-113「カメラの位置決めのにらない画像の幾何学的補正」小野寺・金谷や、電子情報通信学会論文誌D-II vol. J74-D-II No.9 pp.1227-1235, '91/9「光学系の3次元モデルに基づくレンジファインダの高精度キャリブレーション法」植芝・吉見・大島、などに開示されている。

【0024】次に、本発明に係る計測装置について詳細に説明をする。まずは、光学系について説明する。図1、図2に示しているように、距離画像撮像時においては、対象物体1に対しスリット光照射装置(投光光学系)2からスリット光Sが照射される。このスリット光照射装置2は、発光源、例えば半導体レーザ5と集光レンズ6およびポリゴンミラー7、シリンドリカルレンズ8、コンデンサレンズ10、投光用ズームレンズ11の光学系により構成される。ポリゴンミラー7は、これに限らず、例えば共振ミラー、ガルバノミラー等の回転ミラーでもよい。

【0025】シリンドリカルレンズ8は、凸面側が球形

7

ではなく円柱形であるため、焦点を結ばず、円柱軸に平行な焦線を結ぶレンズである。ポリゴンミラー7は回転軸の回りに多数のミラーで形成したもので、回転することによって入射する光を各ミラー面ごとに一方に次々と走査するものである。

【0026】投光光学系の構成を図7に示し説明する。図7(a)は投光系の側面図であり、図7(b)は上面図である。なお、図7(b)では図示すると重なる構成は一部省略している。図7(a)では、スリット光は紙面に垂直な方向に長さを有して、半導体レーザ5からコンデンサレンズ10までの実線で描かれたものは光路を示しており、コンデンサレンズ10以降はスリット光が再結像される位置を示すための作図線を破線で示している。図7(b)では、スリット光は図面の上下方向に長さを有して、半導体レーザ5からシリンドリカルレンズ8までの実線で描いたものは光路を示し、コンデンサレンズ10以降は再結像される位置を示すための作図線を破線で示している。シリンドリカルレンズ8とコンデンサレンズ10の間の1点鎖線で示したものは、ほぼ点状で進んできたレーザ光がシリンドリカルレンズ8によって幅のあるスリット光に変換される様子を模式的に示したものである。そして図7(a)、図7(b)で左端に縦方向の直線(2点鎖線)で示されている位置にスリット光が再結像する。

【0027】コリメータレンズ6(図2の集光レンズ6に対応)は、半導体レーザ5の出力光(例えば発光波長670nm)をコンデンサレンズ上に集光させるレンズパワーを有している。このコリメータレンズ6を通過したレーザ光はポリゴンミラー7によりスリット光の長さ方向と垂直な向きに偏向を行う。この偏向により物体面上でスリット光の走査が可能となる。ポリゴンミラー7により偏向されたレーザ光は、まず、 $f\theta$ レンズ29に入射する。この $f\theta$ レンズ29は、ポリゴンミラー7の一定の回転速度に対して物体面上でのスリット光移動速度が非線形となるので非線形成分を補正するために配置されているレンズである。次に配置されているコリメータレンズ30はコンデンサレンズ10に入射する光束をポリゴンミラー7によって走査された方向からコンデンサレンズに垂直な方向に向け、投影効率の向上をはかるためのものである。レーザ光はシリンドリカルレンズ8によって水平方向(図7(a)では紙面に垂直な方向)に長さのあるスリット光に変換され、コンデンサレンズ10の瞳面上に集光されて結像し極めて幅の狭いスリット光として物体に投光される。

【0028】投光用ズームレンズ11のイメージプレーン(結像面)10p上に配置されたコンデンサレンズ10で一度結像したスリット光は、投光用ズームレンズ11を通過して、対象物体に対して投光される。結像面の大きさは、例えば1/2インチ、1/3インチ等撮像素子のサイズに合わせてあり本実施例では1/2インチと

8

している。このスリット光はシリンドリカルレンズ8で生成された水平方向に長さを持ち、投光されたスリット光の長さ方向と垂直方向にポリゴンミラーの回転に従い高速で走査される。この時、投光用ズームレンズの焦点位置は撮像系に設けられたオートフォーカスセンサ31からの信号に基づいてAF駆動系17により、対象物体面までの距離に応じて撮像系と同値、同時に制御される。オートフォーカスセンサ31は、スチルカメラで一般に用いられているものと同様のものである。また、焦点距離についても撮像系と同値、同時に、ユーザあるいはシステムからの操作に基づき制御される。

【0029】ポリゴンミラー7は、ポリゴンミラー駆動モータ、ポリゴンミラー駆動ドライバーからなる投光走査駆動系9に接続されており、これらによって回転制御されている。また、33は、コンデンサレンズ10横に配置されたフォトダイオードを用いた走査開始センサで、レーザ走査が安定に達したか否か、走査開始タイミングをモニタするものである。

【0030】この投光系はズーム機能を備えており、対象物体1に対し、必要な倍率に調整することが可能になる。ズーム機能には、ユーザが任意に画角を選べるパワーズーム(PZ)と、予め設定された画角に自動で合わすオートズーム(AZ)の2つの機能を備えている。受光光学系3のズームングに対し、投光光学系2は常に画角が一致するようにAZ駆動系16により制御され、常に光学的倍率が等しくなるようにズームングを行う。ズームングによるスリット光投光の関係は図8の模式図を参照すると式(1)~(3)のようになる。

$$\theta = \alpha 1 \times 1 / f \quad (1)$$

$$\phi = \alpha 2 \times 1 / f \quad (2)$$

$$\psi = \alpha 3 \times 1 / f \quad (3)$$

投光系のある1点を基準として、 $\theta$ は一列の256点のピッチズレ画像を得るため1枚の画像を積分する間に極めて細いスリット光が移動する角度、 $\phi$ は対象物体上のスリット光の長さを表す角度、 $\psi$ は対象物体上でのスリット光の324回の総走査角度で、スリット光は実線で示す位置から矢印の方向へ走査され破線で示す位置まで移動する。 $f$ は投光レンズの焦点距離を表す。スリット光の幅自体は可能な限り細く設定される。 $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$ ,  $\alpha 3$ は比例係数であり、これらの角度 $\theta$ ,  $\phi$ ,  $\psi$ は焦点距離 $f$ の逆数に比例する。

【0031】スリット光照射装置(投光光学系)2の垂直方向に、スリット光照射装置2と基線長1だけ離れた位置にカラー画像撮像系、距離画像撮像系を含む撮像装置(受光光学系)3が一つの回転架台4上に配置されており、この受光光学系の構成を図9に示す。受光光学系3は撮像用ズームレンズ14、オートフォーカス用ユニット31、ビームスプリッタ15、各種フィルタ61、62、カラーCCD撮像素子24、距離画像用センサ12で構成されている。

【0032】受光した光は撮像素子ズームレンズ14内に配置されたビームスプリッタ14sで分割され、一部の光はオートフォーカスユニット31に導かれる。このAFユニット31は物体面までの概略距離を測定し、投光系、受光系レンズの焦点調節を行うため機能するもので、本実施例ではビデオカメラ、一眼レフカメラ等で用いられているものを用いる。

【0033】撮像素子ズームレンズ14内に配置されたビームスプリッタ14sで分割されたもう一方の光束はさらに撮像素子ズームレンズの後に配置されたビームスプリッタ15で透過と反射の2光束に分割され、それぞれ距離画像用センサ12とカラー画像用センサ24に導かれる。このビームスプリッタ15は距離画像用センサ12に入射する光束として長波長成分、ここではレーザ波長成分(670nm)を含む長波長成分としておよそ650nmより長い波長成分を透過し、他の波長成分を反射する光学特性を持つ。

【0034】反射された短波長成分は、可視光のほとんどの波長成分を有するため、カラー情報に支障をきたすことは通常の場合にはありえない。この反射された光束は偽解像を防止するための水晶フィルタなどのローパスフィルタ61を通過し、単板のカラー画像用センサ24上に結像する。単板のカラー画像用センサ24はビデオカメラ等で用いられるCCD撮像素子で、素子上にRGB、あるいは補色系のイエローYe、シアンCy、マゼンタMg、グリーンGの色素フィルタがモザイク上に配置され、色情報を抽出する撮像素子である。なお、グリーンは輝度信号の代わりとして用いることができる。図10に補色系カラー画像用センサで受光する光の波長帯域を示す。カラー画像用撮像素子は、反射率hで示す特性を持つビームスプリッタにより反射された波長領域の光を受光する。曲線で示すのはイエローYe、シアンCy、マゼンタMg、グリーンGの各色素フィルタ付き画素の分光感度である。

【0035】一方、ビームスプリッタ15で透過された長波長成分の光束は、レーザ光成分(波長670nm)のみを抽出するために赤外光(Infrared Ray、以下IRと称す)カットのフィルタを通過し、さらに水晶フィルタなどのローパスフィルタを通過し距離画像用センサ12上に結像する。図9に示す受光光学系構成図では、これらIRカット、ローパス両特性を一つのフィルタ62で示している。図11に距離画像用センサ12で受光する光の波長帯域(斜線部分)を示す。レーザ光の波長より短波長領域はビームスプリッタ15(実線で示す透過率)によって、長波長領域はIRカットフィルタ62(破線で示す透過率)によってカットされている。

【0036】ここで用いられるローパスフィルタ62は前述したカラー画像用の偽解像を防止する目的と異なり、距離データ算出の際の受光レーザビーム位置の撮像素子ピッチより細かな分解能で検出するための補完機能

を持たすためのものである。そのため、カラー画像時のローパスフィルタ61の持つ等方性の光学特性とは異なり、受光されるスリット光の長さ方向には分解能を低下させることがなく、スリット光の幅方向には分解能を低下させる異方性を持つ光学特性を持つことが望ましい。こうした光学特性を実現する手段として単層の水晶フィルタやグレーティングなど回折を用いたローパスフィルタを用いることができるが、このローパスフィルタはシステム構成上必須のものではなく、後のセンサ出力に対するアナログフィルタ、あるいはセンサ出力のデジタル変換後のデジタルフィルタによってもその機能は代行しうる。

【0037】次に、撮像素子12、24の走査について説明する。図9の撮像素子12、24の横に並べて図示している12p、24pは説明のために12、24を平面図で示した撮像素子である。CCD撮像素子は、一般に、水平レジスタ12h、24hの長さ方向(水平方向)の走査速度に対して、垂直方向の走査は低速である。そのため、撮像素子24(24p)で得られるカラー画像は通常、高速走査を行うCCDの水平転送ラインの出力に応じてアナログ信号処理を行い、逐次NTSCの信号に変換し、モニターへ画像出力可能である。この同一のモニターにピッチズレ画像を出力しようとした場合、カラー画像の水平走査方向と同じ方向、同じ位置順に距離画像用データが生成されることが、位置の情報を記憶しなくても済み必要となるメモリ容量の削減と共に、メモリに要求する機能の単純化から望ましい。

【0038】そこで距離データ測定のために投光するスリットの長さの方向はカラー画像用のイメージセンサの高速走査方向、すなわち一般的には水平走査方向であることが望ましい。また、スリットの投光される走査方向はカラー画像の垂直走査方向であることが望ましい。すなわち、投光されるスリット光は上から下への走査となるのが望ましい。

【0039】そこで、本実施例のような測定対象をカラー画像用センサ、距離画像用センサの2種の画像入力センサで捕える光切断法を用いた3次元形状測定装置、3次元入力カメラにおいては、カラー画像用撮像素子の水平走査方向にスリット長を持つスリット光を投光し、カラー画像用撮像素子の垂直走査方向と同じ方向にスリットを走査することによりメモリの削減と、メモリへの要求事項の削減につながる。また、このようなスリット光に対して距離画像用センサから帯状画像を高速に読み出すには方向が制限され、距離画像用センサの高速走査のできる水平方向はカラー画像用センサの水平走査方向と平行な方向にする必要がある。つまり、これらのイメージセンサと入射するスリット光の位置関係、走査方向関係は図9に示すような関係となる。

【0040】上述のような撮像部の構成とした場合の光学系において、以下に説明する2つの構成が新たに必要

となる。

【0041】まず、カラー画像、距離画像生成用画像を同一レンズより入力するが、カラー画像用の波長から得ることのできる光量と距離画像用の波長から得られる光量に関係はないため露光光量制御をそれぞれ独立に行うことが必要となる。暗いところで、近い測定対象を計測する場合は距離用の明度は高いものの、カラー画像用の明度は低い。逆に明るいところで、遠い測定対象を計測する場合は距離用の明度は低いものの、カラー画像用の明度は高い。そこで、この受光ズームレンズにおいては一般のレンズでの露出調整手段である絞りによる制御は行わず、常に開放の状態に固定している。

【0042】カラー画像の露出制御はカラー画像用センサとして一般に用いられるF I T-C C D等有する電子シャッタ機能で蓄積時間による調整を行う。通常、カラー画像用センサとして用いられるF I T-C C D等の電子シャッタ機能は1/60~1/10000秒の蓄積時間制御を可能にしている。さらに広いダイナミックレンジを確保するために、明るい屋外での使用条件下では、カラー画像センサ直前には入射光の成分を変えずに透過光量を減少させる機能を有するNDフィルタを挿入することによりセンサ入射光量を低下させ、距離画像用センサに入射する光量の低下なしに、より高輝度状態での使用も可能となる。

【0043】一方、距離画像用の露出制御は投光するレーザの使用個数の制御、レーザへの供給電流の制御、レーザから出力レンズまでの任意の光学位置でのNDフィルタの挿入制御などによるレーザ強度の調整、あるいは出力信号に供給するアンプゲインで出力レベルの調整を行う。この制御はAF制御部より得られる測定対象までの距離情報Dafと測定条件下でのレンズの焦点距離fからレーザ強度制御値が決定される。図12にその制御マップ例を示す。

【0044】通常、距離画像用センサの出力は測定対象までの距離情報Dafの2乗に反比例する。また、焦点距離fが短くなると照明を要する面積が拡大することから距離画像用センサの出力信号は小さくなる。そこで本実施例の装置においては、距離画像算出用データの出力レベルは焦点距離に応じてレーザ個数が制御され、図12に示す例では、焦点距離fが36.7mmまでは3個、それ以上では1個のレーザを用いる。さらに、焦点距離fとAFセンサの出力で決定される測定対象までの距離情報Dafから算出される像倍率 $\beta$  ( $=Daf/f$ ) に応じて、距離画像センサ出力に対してアナログ前処理回路内で与えるアンプゲインを変化させることでも制御されている。図示した例では、 $\beta=35\sim50$ では1/2、 $\beta=50\sim75$ では1、 $\beta=75\sim100$ では2、 $\beta=100\sim200$ では4、のようにアンプのゲインを設定している。この他には、近距離で焦点距離の長い望遠系での測定においてJ I Sに定める安全規格を越えるレーザ光

量を用いる場合には、レーザから出力レンズまでの任意の光学位置でのNDフィルタの挿入による光量制御も有効な手段である。

【0045】しかし、上記の制御による制御値で測定を行っても良好な測定結果が得られない場合には、レーザ光強度調整キーを設けキー操作によりレーザ強度の調整をする、あるいはセンサ蓄積時間の変更を行う等の手段を用いることも可能である。また、その他の手段としては、距離情報とカラー画像から得られる測定対象の推定される反射率とから、得られる推定レーザ強度制御値をもとにレーザプリ走査を行う方法がある。プリ走査時の距離画像用センサの出力最大値を算出し、この値がA/D変換のダイナミックレンジ内で収まり、かつ、後段での距離情報算出に充分な信号となるレーザ強度、イメージセンサ蓄積時間の算出を行い、この算出された制御値を基に距離画像の取り込みを行う。他には、AF用の補助照明装置がある場合には、測定対象が存在すると考えられる画面中央部に対してこの補助照明の照射によって反射する光量をAF用センサで検出し、検出された反射光量をもとにレーザ強度、イメージセンサ蓄積時間の算出を行い距離画像の取り込みを行うことも可能である。

【0046】もうひとつは、異なる視点(位置)から投光、受光を行うことで視差が生じてしまうため(図13参照)これを解決するための手段が必要になる。イメージブレインサイズ、焦点距離の同値である同一レンズ系で投受光を行うと、特定の距離でしか視野の一致は起こらない(大きい矢印0B11で示す)。一致する距離に物体が無い場合は投光されていない領域の3次元形状測定を行うことになり、測定不能の領域が生じてしまう。例えば図13の小さい矢印0B12で表したような視野の一致しない位置にある物体を測定しようとする、投光範囲と受光範囲にずれが生じるため、矢印上端部が投光されていない範囲であるのに受光系は走査するという不具合が生じる。

【0047】上記不具合への対応としては、以下の様な構成により解決する。

(1) 投光系の光軸の仰角を対象までの距離によって無段階に変化させる(図14参照)。投受光系の焦点距離は同値に設定し、オートフォーカス測定による対象物体までの距離に応じて投光系の光軸(破線で示す)の仰角を変化させることで固定された受光系の走査範囲に対応させている。つまり、近距離であるほどバララックスの影響が大きくなるため仰角を大きくし走査範囲をS1とし、遠距離ほど仰角を小さくし走査範囲をS2とている。なお、投光系光軸の変化は機械的な手段により変化させる。

【0048】(2) 投光レンズ系の投光直後に屈折率可変のプリズムを設ける光学的手段により、投光系光軸の仰角を対象までの距離に応じて連続的に変化させる。ただし、投・受光系の焦点距離fは等しくとる。オートフ



フォーカス測定距離に応じて曲率を持ったプリズムを出し入れすることで屈折率が変化し投光系光軸の仰角が変化する。

【0049】(3) 同一のイメージレインサイズを持つ光学系を用いて投光系の焦点距離  $f_a$  を受光系焦点距離  $f_p$  より小さくするように制御する。あるいは、大きなイメージレインサイズを持つ光学系を投光系に用い、投受光系焦点距離  $f_a$ 、 $f_p$  が同値になるように制御する。このような手段で受光系走査範囲に対して投光系の走査範囲に余裕(受光系に対して1.5倍程度)をもたせると同時に、対象物体までの距離を複数のゾーンにゾーン分けを行い、それぞれのゾーンに応じて投光系光軸の仰角を段階的に変更する。例えば図15に示す例では、対象までの距離を2つのゾーンに分け、遠い側をゾーンZ1、近い側をゾーンZ2としている。そして、ゾーンZ1に該当する場合は投光系の光軸の仰角を所定の角度だけ変更し、近距離側のゾーンZ2に該当する場合はゾーンZ1のときよりも大きい角度の仰角変更を行う。

【0050】(4) 前記(3)と同様に投光系の走査範囲に余裕(受光系の1.5倍程度)をもたせ、投光系光軸の仰角は固定し、焦点距離  $f$  に応じて最近接測定距離に制限を設定する。図16に示す例では、小さい矢印OBJ2が位置している距離より近い距離では受光範囲が投光範囲外になる領域が生じるため、このときの距離を最近接距離とする。

【0051】(1)、(2)の場合(図14)は視野は完全に一致していると想定しているため、レーザの走査開始と共に距離画像用センサの駆動を行い、画像の取り込みを開始することができる。一方、(3)、(4)の場合は図15、図16に示すように視野は一致しておらず投光系によるレーザの走査領域が広いため無駄な領域が生じる。そこで、この無駄な領域を走査するのに要する時間をオートフォーカス算出基準距離から算出する。走査は上から下へと進むので始めに無駄な領域があり、走査開始から上記算出時間経過後に、マイコンは距離画像用センサからのデータ取り込みを開始するようにする。この場合には、走査範囲が広い(1)、(2)の場合に比べて1.5倍程度のレーザ走査時間が必要となり、3次元形状入力時間がその分延びることになる。

【0052】また、このように投光系、受光系で異なる仰角を持つため受光系光軸に垂直な物体面上では厳密な等速でのレーザの移動は行われず、物体の下側に密、上側に粗な移動となるが、この仰角自体が小さい角度であるためあまり問題とならず、センサの走査している垂直方向の位置情報とピッチズレ量から距離情報への変換テーブルを持つことでほぼ等方性を有する3次元計測は可能である。

【0053】次に撮像系についての詳細な説明をする。1本のスリットの投光された方向に対して、測定される

物体までの距離範囲に制限があれば、そのスリットの物体での反射光を受光するセンサ上の位置はある範囲内で制限される。この様子を図17に示す。

【0054】測定最遠距離を  $D_f$ 、測定最短距離を  $D_n$  とする。今、投光系から照射されるスリット光による切断平面が、スリットAの場合、物体面で反射したスリット光を受光する撮像素子面の範囲は、測定最近距離  $D_n$  とスリットAとの交点  $P_{An}$  の3次元的位置が撮像素子上に投影される点を図中最下点とし、測定最遠距離  $D_f$  とスリットAとの交点  $P_{Af}$  の3次元的位置が撮像素子主点位置を中心として撮像素子上に投影される点を図中最上点とする撮像素子上の閉区間  $A_r$  に限定される。投光系、受光系の位置関係をそのままとして、同様にスリット光Bの場合も、測定最近距離  $D_n$  とスリットBとの交点  $P_{Bn}$  の投影される点を図中最下点とし、測定最遠距離  $D_f$  とスリットBとの交点  $P_{Bf}$  の投影される点を図中最上点とする撮像素子上の閉区間  $B_r$  に限定される。

【0055】このように、1本のスリット光投光による256点の1列の距離データを生成するために、撮像素子全範囲を走査するのではなくスリット光に対応した必要な範囲だけを走査することができ、処理の高速化が可能となる。

【0056】更に3次元形状データを生成する装置の高速化をはかるために、この領域のみの帯状画像、例えば  $256 \times 16$  画素の素子画像のみを高速に出力する機能が要求される。このような帯状領域の選択的読み出しを可能とする高速駆動固体撮像素子として以下に述べる3種の固体撮像素子を用いることができる。第1は、MOS、CMD等のX-Yアドレス走査方式を持つ撮像素子の読み出し開始アドレス設定機能を付加する構成である(図18)。第2はCCD撮像素子等のアナログ転送方式における読み出し転送路(一般には水平レジスタ)への電荷転送時に並列に電荷排出機能を付加する構成である(図19、図20)。第3は走査方式にかかわらず帯状に分割したブロックをあらかじめ設定し、ブロック毎に出力機能を持たせ、その並列出力を用いる構成である(図21)。

【0057】第1の構成としてX-Yアドレス走査方式センサの構成を図18に示す。通常、各画素の走査は垂直走査回路61と水平走査回路62のマトリクス配置されたスイッチで行われる。この垂直走査回路61、水平走査回路62はデジタルシフトレジスタで構成され、垂直走査の1シフト信号入力に対して水平シフト信号の256シフト信号を入力することにより1行(256画素)を走査することができる。本実施例においてはこの垂直走査回路61に対してレジスタ初期値である走査開始セット信号を供給する走査開始セットレジスタ63を設置することで帯状のランダムアクセス読み出しを実現する。走査開始セットレジスタ63へは走査開始位置を表す信号  $sgn1$ 、 $sgn2$  を入力することでどの位置の帯状画

像を読み出すかを指示する。

【0058】また、画素数が増加するとこの走査開始セット信号のビット数が増えてしまい、入力ピンの増加が起こるため、走査開始セット信号のデコーダ64を配置するのが望ましい。そして、読み出し開始時に走査開始セットレジスタ63の内容を垂直走査回路61に並列転送することで走査開始位置(行)がセットされたことになる。この後、水平走査を256回行うことで所望の行からの信号が得られる。続いて、垂直走査の1シフト信号入力、水平方向の256シフト信号入力を行い、次の10 行の信号を読み出し、これを繰り返すことで所望の帯状領域の画像の読み出しを行う。以上の動作を行うことで所望の帯状領域のみの走査が実現され、全領域の走査を行う時間よりはるかに短い時間(読み出し行数/全領域行数)で必要な走査が完了する。

【0059】一度読み出された領域はリセットされ次の蓄積を開始しているが、読み出されなかった領域は電荷の蓄積が継続して行っている。そのとき、次の読み出しが同じ領域なら問題ないが、異なる領域を読み出す場合、蓄積時間の異なる画像情報が混在することになる。20 光切断を用いた3次元計測装置の場合、レーザスリットの走査とともに読み出しが必要な帯状領域をシフトしながら読み出す必要が有る。そして重複して読み出される領域の画像は前回読み出しから今回読み出しまでの積分時間の画像が読み出されるが、読み出し領域のシフトにともない新規に読み出される領域の画像の積分は以前から継続された画像となってしまう。そこで本実施例においてはこの読み出し帯状領域を今回必要な領域と次回必要な領域、両方を包含する領域に設定する。そうすることで、次回入力に必要な領域については必ず前回に積分がクリアされることになり、積分時間の異なる画素からなる画像を取り込んでしまうという支障を回避することができる。

【0060】次に、第2の構成としてCCD撮像素子のインターライン転送の場合の構成を図19に、フレーム転送の場合の構成を図20に示す。本実施例のCCD撮像素子においては、この水平レジスタ66への並列電荷転送を行う転送ゲートTGと並列に、電荷をオーバーフローレインODへ排出するための積分クリアゲートICGを設置することで、帯状のランダムアクセス読み出しを実現している。40

【0061】インターライン転送の場合、通常は、全領域の画像蓄積が完了した時点ですべての画素の蓄積電荷は受光部から転送領域に並列に移送される。この各画素で発生した電荷の走査は垂直レジスタと、転送ゲートTGへの1シフト信号入力を行い、垂直レジスタの各電荷を一段づつ並列に下方にシフトすると共に、最下の垂直レジスタ内の電荷を水平レジスタ66へ読み出す。この後、水平シフト信号の256シフト信号入力を供給することにより一行の電荷を走査することができる。この動

作を行数(340行)だけ繰り返すことで全領域の読み出しを行う。

【0062】本実施例においては、各画素で発生した電荷を走査する段階で不要な行に発生した電荷は、垂直レジスタ、積分クリアゲートICGへの1シフト信号入力を供給することで、並列にオーバーフローレインODへ排出する。読み出しの必要な行については通常の場合と同様に垂直レジスタ、転送ゲートTGへの1シフト信号入力を行い、垂直レジスタの各電荷を一段づつ並列に下方にシフトすると共に、最下の垂直レジスタ内の電荷を水平レジスタ66へ読み出し、この後、水平シフト信号の256シフト信号入力を供給することにより一行の電荷を走査する。以上のようにすることで、行単位のランダムアクセス機能が実現され、撮像素子の全領域の走査を行う時間よりはるかに短い時間(読み出し行数/全領域行数)で必要な走査が完了する。

【0063】図20に示すフレーム転送の場合、インターライン転送の場合の素子に比べて大きな構成になっており、上側は光電変換領域で下側は蓄積領域になっている。一般に蓄積領域は光電変換部と同数の画素を有している。通常の動作は、全領域の画像蓄積が完了した時点ですべての画素の蓄積電荷は光電変換領域から蓄積領域に行数分の垂直転送パルスにより並列に転送される。転送後、インターライン転送時と同様に各画素で発生した電荷の走査は垂直レジスタ、転送ゲートTGのコントロールで水平レジスタ66へ読み出し、この後、水平シフト信号の256シフト信号を入力することにより一行の電荷を走査することができる。

【0064】本実施例においては、全領域の画素の蓄積電荷は光電変換領域から蓄積領域に行数分の垂直転送パルスにより並列に転送後、水平レジスタ66への転送の際、各画素で発生した電荷の走査の段階で不要な行の電荷は垂直レジスタ、積分クリアゲートICGへの1シフト信号を入力するのみで並列にオーバーフローレインODへ排出する。また、蓄積領域は毎回読み出し必要行数(例えば16行)のみ用意しておき、最初の読み出し不要画素行の信号については、光電変換領域から蓄積領域に垂直転送する際の垂直転送パルスに同期し積分クリアゲートICGを開放して電荷を排出し、読み出し必要な画素行の電荷のみを蓄積領域に転送した段階で水平レジスタ66からの読み出しを行うようにしてもよい。以上のようにすることにより、行単位のランダムアクセス機能が実現され、全領域の走査を行う時間よりはるかに短い時間(読み出し行数/全領域行数)で必要な走査が完了する。

【0065】次に、第3として、複数のブロックに分割しブロック毎に出力するセンサの構成を図21に示す。ここではX-Yアドレス走査式センサの場合を例に説明を行うが、CCD撮像素子などのアナログ転送方式においても同様の構成をとることは容易である。本実施例に

おいては予め設定された読み出しに必要な行数毎に分割されたブロック構成をとり、各ブロックの信号を並列走査し出力している。この並列読み出し出力に対して、読み出したい領域に応じてマルチプレクサ65の操作により出力を選択し、最終出力するものである。このような読み出しを行うことにより出力順番は異なるものの行単位のランダムアクセスが実現され、読み出し時間もブロック分割数だけ圧縮される。このブロック分割した構成によりランダムに読み出される帯状画像の出力形態とマルチプレクサのブロック切り替え信号との関係を図22に示す。図中の数字1～6は図21のライン番号に対応している。

【0066】図21に示すのは、極めて簡単な2ブロック(B1、B2)に分割し、任意の3行の読み出しを行う場合の例で、この図と図22の出力信号の関係図を基に説明をする。センサは内部で2系列出力、ライン1～3を出力するブロックB1出力(図22・a)、ライン4～6を出力するブロックB2出力(図22・b)を持ち、これらはアナログ信号としてマルチプレクサへ送られ選択信号Selにより選択されて出力される。マルチプレクサ65の操作で、センサ出力OutとしてブロックB1出力を選択した場合、ブロックB1の出力がそのままセンサ出力となり、ライン1、2、3の帯状画像の出力が順次出力される(図22・c)。また、センサの出力としてブロックB2出力を選択した場合はライン4、5、6の帯状画像が読み出される(図22・f)。

【0067】一方、ブロック出力として第1、4ライン出力中はブロックB2を選択しライン4を出力し、その後、マルチプレクサ65をブロックB1選択に切り替えを行うことにより、センサ出力はライン4、2、3の出力が順次出力され、ライン2、3、4の帯状画像の読み出しが行われる(図22・d)。また、センサ出力は始めの2ラインまではブロックB2を選択してライン4、5を出力し、その後、ブロックB1を選択しライン3を出力すると、ライン3、4、5の帯状画像の読み出しが行われる(図22・e)。図中、黒▽印は出力をブロックB2からブロックB1に切り替えたところを示している。このように走査途中にブロック選択信号を切り替えることにより、出力順序は異なるものの分割されたブロックと同じ大きさを持つ任意の位置の帯状画像が選択的に読み出し可能である。

【0068】以上、3種類の行単位のランダムアクセス可能な距離画像用センサが、本実施例において3次元形状測定装置への入力時間の高速化のために適用することができる。

【0069】次に電子回路について説明を行う。電子回路全体の構成を示すブロック図を図23に示す。本実施例の計測装置本体は、投受光系レンズ駆動回路71、72、AF回路73、電動雲台駆動回路76、入出力75、74等の制御を行うマイコンCPU1と、画像セン

サ駆動回路13、23、レーザ・ポリゴン駆動回路77、78、タイマー79、SCSIコントローラ80、メモリコントローラMC、ピッチズレ画像処理回路83等の制御を行うマイコンCPU2の、2つのマイコンで制御される。レンズ、入出力等の制御を行うマイコンCPU1の制御で電源操作、撮影モードのキー操作等の信号をコントロールパネル75から受け取り、マイコンCPU2、受光系レンズ駆動部71、投光系レンズ駆動部72、AF駆動部73、表示画像生成部74等へ制御信号を送信し、ズーム、フォーカス、撮像等の制御を行う。

【0070】カラー画像用にはカラー画像用センサ24とセンサ駆動回路23、アナログ前処理回路81、画像メモリ84のブロックがある。距離画像用には、距離画像用センサ12とセンサ駆動回路13、アナログ前処理回路82、ピッチズレ画像処理回路83、ピッチズレ画像メモリ85のブロックがある。

【0071】電源投入により、カラー画像センサ24、カラー画像センサ駆動回路23、カラー画像アナログ前処理回路81のカラー画像撮像系が駆動され、モニターとして機能させるために撮像されたカラー画像が表示画像生成部74に供給されディスプレイ41に表示される。これらのカラー画像撮像系回路は従来のビデオカメラ等で周知の回路と同様の回路系となる。一方、距離画像撮像のためのセンサ、レーザ等は電源投入により初期化されるだけで駆動されず、ポリゴンミラー駆動回路78だけはミラーの定速回転までの所要時間が長くなるため駆動が開始される。この状態で、ユーザはモニター画面41のカラー画像を参考にしながら、パワーズーム操作により視野設定を行い画像入力のためのレリーズ準備を行う。レリーズ操作が行われレリーズ信号の発生・送信により距離画像用センサ12、距離画像用センサ駆動回路13、距離画像用アナログ前処理回路82の距離画像撮像系と、レーザ駆動回路77が駆動され、ピッチズレ画像メモリ85、カラー画像メモリ84にそれぞれの画像情報が取り込まれる。

【0072】カラー画像については、モニター装置へはアナログ信号として供給していたのを、カラー画像用フレームメモリ85にはA/D変換器AD1でA/D変換を行ってデジタルの情報として画像入力を行う。これらの処理については、デジタルビデオ、デジタルスチルビデオ等で周知の技術と同様である。

【0073】距離画像については図7に記載された走査開始センサ33から送信されるレーザスリット光の走査開始信号をマイコンCPU2は待っている。その後、前述した焦点距離f、基線長l、測定基準面までの距離dに起因する無駄走査に要する無駄時間Tdだけ待つ。この走査開始信号から上記の無駄時間Tdを計時した後、距離画像用センサ12及びその駆動回路13の駆動を開始しデータの取り込みを開始する。これらの計時動作は

タイマー79により行われている。

【0074】センサが駆動開始されると、水平方向に長さを持つスリット状レーザが受光系走査範囲の最上部から下方に向けて走査を開始する。それと同時に距離画像用センサの画像積分が開始され、ポリゴンミラー7の走査によりスリット光が距離画像用センサの1画素に対応した角変動量での走査が行われたときに画像積分部から蓄積部への高速垂直転送が行われる。次に、この最上部の行の画像を帯状領域の中心に捕えるように距離画像用センサ駆動部13を制御して、画像の読み出しを行う。10  
画像の積分部から蓄積部への垂直転送が完了すると同時に、距離画像用センサの出力として画像を蓄積部から順次読み出し処理と、次の画像読み出しのため積分部で入力光量に応じた電荷の積分処理を行うことになる。

【0075】こうして1つの帯状画像の読み出しが完了すると、レーザスリット光はまた距離画像用センサ1画素に対応した角変動量での走査が行われ、画像積分部から蓄積部への高速垂直転送が行われる。距離画像用センサの帯状領域を、前回読み出しに対して1ピッチ下方にずらした位置に、今回読み出し距離画像用センサの帯状領域を設定し、画像の読み出しを行う。20

【0076】一連のこの動作を継続して行い、順次、帯状画像入力を繰り返し324枚の画像を得る。この間、ポリゴンミラーは定速で回転しているので、次々に異なる光切断面を持つスリット光に対する帯状画像が入力されることになる。この距離画像用センサの出力を相関2重サンプリング、オフセット、暗時出力の処理などを距離画像用アナログ前処理回路82で行った後、A/D変換器AD2でデジタルに変換し、ピッチズレ画像処理回路83にデジタルデータとして送信する。30

【0077】ピッチズレ画像処理回路83では、1枚の帯状画像データ(256×16画素)から256点の受光レーザ光重心位置に変換する重心演算を図24に示す受光重心位置算出回路(後述)を用いて算出し、算出されたピッチズレ量をピッチズレ画像メモリ85に格納する。これを324回繰り返すことにより、256×324のピッチズレ画像を得る。

【0078】以上の処理でピッチズレ画像メモリ85とカラー画像メモリ84にそれぞれの画像が記憶されたことになる。これらの2つの画像はメモリ制御を担うマイコンCPU2の制御でメモリコントローラMCを介して、SCSIコントローラ80によるSCSI端子49、内蔵のMO装置22等へのデジタルデータでの出力、または、D/A変換器DA1でアナログに変換しNTSC信号として、LCDモニタ41、NTSC出力端子50、51へ出力することができる。40

【0079】SCSI端子49から出力するとき、SC\*

$$\Sigma(I, n) = D(I, n+2) + D(I, n+1) + D(I, n) + D(I, n-1) + D(I, n-2) \quad (4)$$

が各Iに対して最大となる  $n = N(I)$  を求める。この  $N(I)$  列目近傍に重心を持つと考え、それから荷重平均 50

\*S1規格による出力ではカラー/ピッチズレ画像の1セットの出力画像の送信完了に数秒要することになる。そこで、カラー画像は通常ビデオ機器で用いられるカラーNTSC信号としてビデオ機器で録画し、ピッチズレ画像をNTSC信号の輝度信号として扱い、モノクロ画像をピッチズレ画像NTSC信号として出力することにより動画でのカラー/ピッチズレ画像の出力が可能となる。高速な画像処理装置を用いればこうしたリアルタイムのビデオ画像のコンピュータへの入力も可能であり、また他の手段としてはこのNTSC信号を通常のビデオ機器に接続して録画し、その後、再生時にコマ送りしながら、この濃淡画像(ピッチズレ画像)を処理することでコンピュータへの入力も可能である。こうしてコンピュータへ入力された動体のカラー、ピッチズレ画像を用いることにより動体の運動解析などの分野への活用が可能である。

【0080】また、システムの外部機器として、本計測装置を設置する電動雲台4のパン、チルトなどの動作を制御する回転架台制御部76を備えることで制御することも可能である。この制御動作については後に説明を加える。

【0081】次に、ピッチズレ画像処理回路83の受光重心位置算出回路の詳細な構成を図24に示す。この回路は1枚の帯状画像データ16点の内の5点の情報から重心を算出するハード構成になっている。距離画像用センサ12からの信号は有効画素のみアナログ前処理回路82で抽出され、A/D変換器AD1でA/D変換されて、図24左端の入力端子inputから本回路に入力される。この入力された信号は4つのレジスタ101a~101dにより256×8bitのFIFO(First In First Out)で256×4ライン分記憶され、直接入力される1ラインと、計5本のラインが演算に用いられる。レジスタ103、104は、レジスタ101と同じ256×8bitのレジスタである。レジスタ109は256×5bitのFIFOレジスタである。これらのレジスタ103、104、109が同じ用途に2つつ用意されているのは、選択回路106、108、比較回路107等での処理にクロックパルスで数パルスの時間を要するためメモリ容量を増やして2つを奇数用(O)、偶数用(E)として交互に利用するようにしてあり、いずれを用いるかはクロックパルスRCLK\_0、RCLK\_Bにより制御されている。

【0082】受光レーザの重心演算は5ラインの5点のデータを基に以下の式で計算される。まず、重心位置近傍での受光光量が最大となることから、I行目(I=1~256)の重心点は、

点  $\Delta(I, N(I))$  だけの補完量を次式で求める。

$$\Delta(I, N(I)) = \{2 * D(I, N(I) + 2) + D(I, N(I) + 1) - D(I, N(I) - 1) - 2 * D(I, N(I) - 2)\} / \Sigma(I, N(I)) \quad (5)$$

最終的には、

$$W(I) = N(I) + \Delta(I, N(I)) \quad (6)$$

を求める重心位置とする。

【0083】ここで  $D(I, n)$  は  $I$  行  $n$  列目のデータを指す。1列は256個のデータを持っており、レジスタ101aには  $D(I, n-1)$ 、レジスタ101bには  $D(I, n)$ 、レジスタ101cには  $D(I, n+1)$ 、101dには  $D(I, n+2)$  のデータが保存され演算に用いられる。 $\Sigma(I, n)$  の演算 ((4)式) は、加算回路  $\Sigma$  で演算され、レジスタ104に記憶される。そして次に演算された結果を各行の前回算出されレジスタ104に記憶された  $MAX(\Sigma(I, n))$  と比較し (比較回路107)、大きければこのレジスタ104の内容を更新すると共に、同時に算出される  $\{2 * D(I, n+2) + D(I, n+1) - D(I, n-1) - 2 * D(I, n-2)\}$  の値 (= (5)式の分子 =  $R1$  とする) をレジスタ103に、その列番号  $n$  をレジスタ109に更新記憶する。 $R1$  の算出は、 $D(I, n+2)$ 、 $D(I, n-2)$  のデータはシフト回路102で左に1ビットシフトさせることで ( $\times 2$ ) の処理をしている。その後、加算回路 (+)、減算回路 (-) で演算を行いA点で  $R1$  が算出されており、レジスタ103に記憶される。

【0084】なお、列番号  $n$  は、5ビットバイナリカウンタ110でクロックパルス  $PCCLK$  をカウントしており、比較回路107での比較の結果、最大値が更新されるとそのときのカウンタ値をレジスタ109に取り込み記憶する。本実施例では数  $n$  は1~16であるのでレジスタ109、バイナリカウンタ110は5ビットあれば十分である。

【0085】この操作を1帯状画像に対して繰り返すことで、上記の式の計算に必要な  $MAX(\Sigma(I, n))$  となる  $N(I)$ 、 $\Sigma(I, N(I))$ 、 $R1$  の値がそれぞれレジスタ109、104、103に格納される。 $\Sigma(I, N(I)) = R2$  とすると、除算回路 ( $\div$ ) で  $R1 / R2$  の演算を行い、次に加算回路 (+) で  $R1 / R2 + N(I) = \Delta(I, N(I)) + N(I) = W(I)$  が演算され、最終的に右端の出力端子  $output$  から256列に対する  $W(I)$  の値が出力される。

【0086】この256個の  $W(I)$  をピッチズレ画像メモリ85に格納し、324枚の帯状画像に対してこの処理を繰り返すことで、ピッチズレ画像メモリ85上には  $256 \times 324$  の点のピッチズレ情報  $W(I)$  からなるピッチズレ画像が形成される。

【0087】次に、装置の動作についてフローチャートを用いて詳細に説明する。図25に示すのは、メインスイッチ  $on$  時に実行されるメインのルーチンのフローチャートである。まず、ステップ#1でCPU、メモリ、SCSI、MO、ディスプレイ、コントロールパネル等のデバイスの初期化を行う。次に、ステップ#3では、動作モードの判別を行う。動作モードとしては、3次元

計測を行うカメラモードと、3次元データをMO等のメモリデバイス22から読み出し内蔵ディスプレイに表示を行うリプレイモードとがあり、スイッチ操作により選択できる。または、いずれかのモードをデフォルトで設定してもよい。リプレイモードであればステップ#5へ進み後述のリプレイモードの処理を行う。カメラモードであればステップ#6へ進み後述のカメラモードの処理を行う。カメラモードを終了すると、ステップ#7でポリゴンミラーを停止しステップ#8でAF/PZのリセットを行いレンズを初期位置に復帰させる。ステップ#9ではイメージセンサ及びセンサ駆動回路を停止させ、ステップ#3へ戻り動作モードの判別を行う。

【0088】次に、カメラモードの動作についてフローチャートを図26(a)に示し、説明をする。カメラモードが選択されると、ステップ#11で各デバイスの初期化を行い、ステップ#13でカラー画像用センサを起動し、カラー画像をモニターディスプレイ41に供給する。この画像は、受光ズームレンズ内に配置されたオートフォーカスセンサ31を駆動して、常に最適な焦点状態で受光して最適なカラー画像を得るようになっている。次に、ステップ#15で、距離画像撮像の準備を行うため、安定するまでに時間が長く必要なポリゴンミラーの駆動を先に開始し、ステップ#17でAF/PZサブルーチンの処理を行う。次に、ステップ#19でポリゴンミラーが安定するまで待機し、安定した時点でステップ#21のシャッターモードに入り、シャッターモードのサブルーチンを実行する。ステップ#23ではデータ転送モードに入り、データ転送モードのサブルーチンを実行する。ステップ#25では、カメラモードの終了かどうかを判別し、終了であればステップ#27へ進みリターンする。終了でなければステップ#21へ戻る。

【0089】AF/PZサブルーチンについて図26(b)に示し説明すると、ステップ#31では投受光系のレンズ位置のリセットを行い、ステップ#33でレーザ走査範囲のリセットを行い、ステップ#35でリターンする。

【0090】次に、シャッターモードの動作について、フローチャートを図27に示し説明をする。この状態でユーザは計測装置位置、姿勢、ズームの変更して構図の設定を行い、一方、装置はシャッターリリースボタン47が押されリリース信号が出力されるのを待つ。まず、ステップ#41でAF/AEサブルーチンを実行し、焦点合わせ、測光を行う。このサブルーチンについては後述する。次に、ステップ#43でセレクトキー43とAF/AEの状態チェックを行う。ここでは、まず、セレクトキーが押されたかどうかの判別を行う。押されてい

れば([Select])ステップ#79でリターンしシャッターモードを抜け出す。これは、一般の一眼レフカメラでのシャッターリリースボタンの第1段までの押し下げ解除に相当する。セレクトキーが押されていないならばAF/AE処理の状態チェックを行い、AF/AE処理が動作中であればステップ#41へ戻りAF/AE処理を繰り返して行い、AF/AE処理が完了していれば次のステップ#45へ進む。つまり、上記の処理期間では連続的に受光、投光系ズームレンズのフォーカシングと測光を繰り返して行い、常時合焦状態を保つよう制御されている。

【0091】AF/AEが完了すると、それ以後はステップ#45で撮影準備としてシャッターボタン47のロックを解除し、フォーカシング、ズームの駆動を禁止(AF/PZロック)する。そして、ステップ#47でシャッターボタン47が押されたかどうかを判別する。シャッターボタンが押されていればステップ#55へ進む。押されていないならばステップ#51へ進み所定時間経過したかを判別し、経過していなければステップ#47へ戻りシャッターボタンが押されたかどうかの判定を行う。所定時間経過していればステップ#53でシャッターボタンの操作をロックし、ステップ#41へ戻る。

【0092】ステップ#55では、レーザ光の発光を行い、ステップ#57でレーザ光の正常発振になるまでの立ち上がり、ポリゴンミラーの準備が完了するまでの時間を待機する。準備が完了するとステップ#59でセンサ駆動を開始する。まず、ステップ#61で、コンデンサレンズの横に付けられた走査開始センサからの出力を受けるまで待ち、走査開始信号を受けるとステップ#63では無駄時間Tdを待ってから距離画像用センサの駆動を開始する。無駄時間Tdは、焦点距離fと基線長lと測定基準面までの距離dから算出される。ステップ#65で距離画像用センサの入力帯状画像位置を初期位置にセットし、ピッチズレ画像、カラー画像の取り込み操作を開始する。同時に入力光の重心位置算出を行う。ステップ#67で走査完了かどうかを判別する。完了でなければステップ#65へ戻って画像取り込みを繰り返す。入力帯状画像位置を初期位置から1ピッチずつレーザスリット光の走査に応じてずらしながら、324枚の帯状画像の取り込みを行う。

【0093】また、センサ駆動が開始されると、距離画像用センサの駆動開始に引き続き、ステップ#69でカラー画像用センサが再駆動され、ステップ#71で読みこんだカラー画像をカラー画像メモリに取り込む。両画像用センサの駆動、メモリへの取り込みはハードウェアの構成により自動的に同時に処理されるようになっている。その後はステップ#73へ進む。

【0094】ピッチズレ画像、カラー画像の取り込みが完了すると、ステップ#73でレーザ光の発光を停止し、ステップ#75でズーム駆動、フォーカス駆動の禁止を解除し、ステップ#77で取り込んだ画像を選択さ

れたモードに従って表示し、ステップ#79でリターンする。

【0095】次に、ステップ#41のAF/AEサブルーチンのフローチャートについて図28に示し説明すると、まず、ステップ#91でAFセンサ31の情報によりレンズ駆動量を算出し、算出結果に基づいてフォーカスレンズの駆動を行う(ステップ#93)。ステップ#95で、走査開始レーザ位置セットを行い、ステップ#97でレーザパワー制御を行う。ステップ#99では測光(AE)を行い、ステップ#101でリターンする。

【0096】次に、データ転送モードについて、フローチャートを図29に示し、動作の説明をする。まず、ステップ#111で表示モードの判別を行う。表示すべき画像が濃淡で表示されるピッチズレ画像か、カラー画像か、何れを選択状態にあるかのフラグチェックを行う。この表示モードは、例えばデフォルトではカラー画像表示が設定されていて、キー操作により選択が可能になっている。キー操作がないとき、または、キー操作されてカラー画像が選択されると、ステップ#113でカラー画像の表示を行う。ピッチズレ画像表示が選択されれば、ステップ#115でピッチズレ画像の表示を行う。画像表示を行った後は、ステップ#117で表示モードが変更されたかの判別を行う。変更されていればステップ#111へ戻り選択されたモードに従って画像表示を行う。表示モードが変更されていないならば、ステップ#119へ進む。

【0097】ステップ#119では、データの転送が必要かどうかの判別を行う。データ転送が必要でなければステップ#133へ進み、カラー画像表示を行う。データ転送が必要であれば、ステップ#121でデータヘッダを作成する。ステップ#123でSCSI出力モードかどうかの判別を行う。SCSI出力モードが選択されていれば、ステップ#125で外部出力用データの作成を行いステップ#131でデータ転送を行う。SCSI出力モードでなければ内蔵の記録装置での記録になり、ステップ#127で内蔵MOドライブ用データの作成を行い、ステップ#129でMOへのデータ転送命令がCPU2からSCSIコントローラへ送られ、ステップ#131でデータ転送を行う。その後、ステップ#133でカラー画像表示を行い、ステップ#135でリターンする。これらのデータ転送先の選択は、キー操作により選択可能である。

【0098】次に、リプレイモードについて説明する。ステップ#3でリプレイモードへの切り換えスイッチをチェックし、切り換えが行われていなければ次の画像入力を行うための待機状態(カメラモード)となり、切り換えが行われていれば、リプレイモードに移行する。

【0099】このリプレイモードは前述のカメラモードとは異なり、すでにMO等の内蔵記録装置に記録済み画像データをリプレイして再確認したり、改めてSCSI



端子を介して外部の装置に出力するモードであり、このリプレイモードの動作のフローチャートを図30に示して動作の説明を行う。

【0100】まず、ステップ#151でMOに記録されている画像のリストを表示する。ステップ#153で、ユーザはこのリスト表示画面から再確認表示または外部へ転送する画像データの選択を行う。次のステップ#155で、選択された画像データは内蔵のMOからカラー／ピッチズレ画像をそれぞれカラー画像用／ピッチズレ画像用メモリ84、85にロードし、ステップ#157で、表示すべき画像がカラー画像かピッチズレ画像か

いずれの表示モードになっているのかフラグチェックを行う。選択されている表示モードに応じて、ステップ#159でカラー画像の表示を、またはステップ#161でピッチズレ画像の表示を行う。画像表示後、ステップ#163で表示モードが変更されているかを判別し、変更されていればステップ#157へ戻り再度表示を行う。

【0101】変更がなければステップ#165で次の画像データを表示するかどうかの判別を行い、表示する場合は本サブルーチンの始めのステップ#151へ戻り画像の選択、表示を繰り返す。次の画像表示を行わない場合はステップ#167でMOからメモリに読み込んだ画像データを外部へ転送するかどうかの判別を行う。転送しなければステップ#173へジャンプする。転送する場合はステップ#169で外部出力用データ作成を行い、ステップ#171でデータ転送を行う。そして、ステップ#173で、次の画像データ表示を行うかの判別をして、表示するのであればステップ#151で戻り、表示しなければステップ#175でリターンする。

【0102】次に、これら一連の動作の各キー操作による状態遷移図を図31に示す。この図で、操作を示す上下左右向きの△印は図3のカーソルキー42の操作を示しており、[Shutter]、[Select]、[Cancel]はそれぞれシャッターボタン47、セレクトキー43、キャンセルキー44の操作を示して。また、本実施例では時計機能を有しているが、記録される画像ファイルのファイル名に時刻を自動的に割り付けることもできる。

【0103】メニュー画面では、再生表示、リスト表示、時計機能の選択可能状態から左右カーソルキー操作とセレクトキー43操作で選択・実行ができ、選択・実行後はキャンセルキー44で選択可能状態に戻る。時計機能では時刻設定ができ、リスト表示機能ではファイル名変更、消去、表示ファイル選択等のファイル操作ができる。再生表示機能ではデフォルトでカラー画像表示に設定されており、左右カーソルキーでピッチズレ画像表示、文字画面表示に切り替えることができる。それぞれの表示モードでは上下カーソルキーの操作で前画像、次画像の表示も可能である。文字画面表示ではセレクトキーでファイル名変更、消去等のファイル操作ができる。

$$\Delta Z = K \times d \times (d - f) / f$$

【0104】メニュー画面から、キャンセルキーを操作すると撮影待ち状態（カメラモード）になり、セレクトキーでメニューに戻ることができる。撮影待ち状態でシャッターボタンを押すと撮影が可能でありメモリへの画像取り込みを行い、撮影後にキャンセルキーで撮影待ち状態に戻ることができる。撮影直後の状態からセレクトキーを操作すると画像の録画が行えメモリに取り込んだ画像を記憶装置へ転送を行い、録画後は撮影待ち状態に戻る。このときの画像は、デフォルトではカラー画像が設定されており、左右のカーソルキーでピッチズレ画像／カラー画像の選択が可能である。

【0105】次に、この3次元形状測定装置の分割取り込みによる高精度入力について説明を行う。投光系、受光系間の距離、すなわち基線長 $l$ と焦点距離 $f$ 、計測対象までの距離 $d$ が決ると、3次元的分解能、精度は決定される。そこで、高精度で計測するためには、焦点距離 $f$ を大きく設定し、測定することで達成される。つまり、望遠にするほど測定精度は高くなる。しかし、測定精度の高い3次元画像を得ることは出来るが、視野領域は焦点距離 $f$ が延びるに従い狭められる。

【0106】そこで、焦点距離 $f$ を測定したい分解能、精度に応じた値に設定し、電動雲台等の回転架台4を操作し視野領域を複数の領域に分割して、分割した領域毎に測定し、その結果得られた画像を貼り合わせ、1枚の画像に再構築するものである。このような機能を持つことで分解能を可変とする3次元形状測定装置が実現できる。また、この機能を生かすことにより、全周囲的空間について3次元測定を行うことで、環境の測定も可能となる。以下に具体的例を示し、その動作の説明を行う。

なお、図32に示す例は簡略化した説明図であって、投光系2と受光系3は水平方向の位置関係に配置されており、図3に示した例とは異なっている。この配置ではスリット光は縦方向に長さを有し左右方向に走査する必要がある。

【0107】画像貼り合わせ機能利用時の様子を図32に示し、図33に画像貼り合わせ機能における動作を表わすフローチャートを示す。図34には本機能使用時の表示状態を示しており、画像表示部の下部に測定精度を表す表示部がある。

【0108】まず、図32(a)に示すようにユーザによる操作で対象物体1を視野範囲内に撮像可能な広角、ワイド状態（焦点距離 $f_0$ ）になるようにズーム駆動系16を駆動し視野範囲を設定する（ステップ#201）。このときに想定されるZ軸方向（図17参照、物体の凹凸方向）分解能は図34(a)で示すように画像の下のパラ表示で表現される。このZ軸方向分解能 $\Delta Z$ は本システムのように基線長が固定の場合、簡単には測定対象までの距離 $d$ と測定時の焦点距離 $f$ で以下のような関係がある。

$$(7)$$

ここでKはZ軸方向分解能見残りのための係数であり、センサピッチ等により決まるものである。また、上記のズーム操作は、システムコンピュータからSCSI端子を介してコマンドを送信し、遠隔操作によるズーム操作、リリース操作等の動作設定も可能である。

【0109】ユーザは、以上の設定操作で満足する精度、分解能で測定が行われると判断した場合（ステップ#203の判定でNO）には、ユーザのリリース操作により測定が開始され（ステップ#205）、その結果がディスプレイに表示される（ステップ#207）。この表示は図34（a）に示すように、入力されたピッチズレ画像、あるいはカラー画像と、その取り込みで得られたZ軸方向測定分解能が画像の下で表示される。その結果、更に測定精度の高い計測を必要としない場合（ステップ#209の判定でNO）は、この計測で完了し記憶メディアへの書き込みを行うか否かの判定をユーザに求め、それに応じた処理を行い動作を完了する。

【0110】ユーザは、満足する精度で測定が行われないと判断した場合（ステップ#203の判定でYES）、あるいは一度目のリリース操作により取り込まれたピッチズレ画像、あるいはZ軸方向測定分解能表示により、ユーザは所望のZ軸方向分解能、精度の設定をキー操作により精度を変更して再測定の指示を行うことができる（ステップ#209の判定でYES）。

【0111】この精度設定キー入力が行われると、システムはそのときの状態、すなわち測定対象の全景が捕えられた状態の焦点距離 $f_0$ と、AFセンサから得られる測定対象までの概略距離 $d$ とをメモリし視野範囲の記憶を行う（ステップ#210）。さらに入力された所望のZ軸方向測定分解能と概略距離 $d$ から上式(7)を用いて設定すべき焦点距離 $f_1$ の算出を行う（ステップ#211）。

【0112】焦点距離 $f_1$ が算出されると、その焦点距離 $f_1$ に自動的にズームを行い（ステップ#213）、記憶された測定すべき視野範囲、概略距離 $d$ 、焦点距離 $f_1$ より分割入力すべきフレーム数、それに応じたパン、チルト角度の算出、パン、チルト回転架台のパン、チルトにより視野位置の設定を行い（ステップ#215）、各分割入力フレームでの計測を行う（ステップ#217）。画像貼り合わせ機能時の分割入力する画像は、後で貼り合わせて1枚の画像に再構築するために、のりしろとなるべき重複部分を含むよう設定される。

【0113】得られたピッチズレ画像、カラー画像、取り込まれたX、Y方向の視野方向を示す情報（例えば、パン、チルトのデコード角度値、あるいは、X、Y方向の取り込み順番など）、レンズ焦点距離、測定距離情報は内部のMO記憶装置に記憶される（ステップ#219）。この際、メモリへファイル名、ファイルサイズ等のディレクトリ情報の書き込みは行わず、最後にユーザの確認の後にディレクトリ情報の書き込みを行うことで

一時的な格納にすることも可能である。

【0114】次に、上記の視野位置とわずかに重複された視野位置に、算出されたパン、チルト角度に従いパン、チルト操作で視野を制御し隣接する領域の画像の入力を行い、この動作を繰り返すことで全領域の入力を行う（ステップ#221の判定でNO、図32（b）参照）。

【0115】全領域の入力が終了した時点（ステップ#221の判定でYES）で、測定精度を高くする前の初期のカメラ姿勢、焦点距離に戻して（ステップ#223）動作を完了し、ユーザの書き込みの判断を待ち、書き込み指示の場合にはディレクトリ情報の書き込みを行い、書き込まないという指示の時は、ディレクトリ情報の書き込みを行わずに終了することで、それまでの連続してメモリに格納しておいた情報を消去する。

【0116】また、上記の操作のように、事前に測定を行い再度測定を行う場合には、1度目の測定により対象物体までの距離測定、また測定画角内での距離分布の測定が完了している。そこで、この対象物体との距離に大きな差を持つ領域、すなわち測定対象とは違う周辺領域（背景）のみとなる分割入力フレームについては貼り合わせのため再測定は行わず、対象物体を含む分割入力フレームのみの再測定を行うことも可能である。図34（b）に示す例では、対象物体が含まれる網点領域が再測定を行う領域で、他の領域は対象物体が無い領域で再測定は行われない領域であることを示している。

【0117】以上説明したように、高速な3次元計測が可能となり、この3次元計測をもとに部分的入力を繰り返し、貼り合わせ作業を行うことで分解能を自由に設定可能な3次元形状計測が可能となる。

【0118】このような貼り合わせ計測においては、全画面の分解能が均一の分解能で測定が行われるが、人間の顔のように目、口、鼻の部分であれば形状、色彩情報が複雑で分解能の高いデータが必要となるが、頬、額など低い分解能で十分測定の要を足す測定対象も考えられる。このような測定対象については、部分的なズーム動作によりデータ貼り合わせを行うことで効率の良いデータ入力を実現しうる。この部分ズーム貼り合わせ機能は以下の動作で実現する。

【0119】図35にこの部分ズーム貼り合わせ機能の動作を示すフローチャートを示す。まず、ステップ#251で均一分解能貼り合わせの場合と同様に、測定対象の全体域を捕える視野設定を行い、ステップ#253で部分ズーム入力モードの選択を行う。選択が行われると、現在設定されている焦点距離 $f_0$ 、パン・チルトのデコード角度値をメモリし（ステップ#255）、焦点距離 $f_0$ の状態から測定を開始し概略画像データとして画像入力を行う（ステップ#257）。その結果得られたピッチズレ画像、カラー画像、その画像の取り込まれたX、Y方向の視野方向を示す情報（例えば、



パン、チルトのデコード角度値)、レンズ焦点距離、測定距離情報は内部の記憶装置に記憶される(ステップ#259)。続いてステップ#261で最大焦点距離 $f_{max}$ になるようにズームングを行った後、上記の概略画像データの解析を行い、ズームング後入力される分割入力フレーム毎に再計測を実施するか否かを決定する。

【0120】ズームングを行い最大焦点距離 $f_{max}$ で測定を行った場合、入力するフレームサイズにこの概略データを分割する。ステップ#263でパン・チルト位置 $X$ 、 $Y$ をスタート初期位置 $X_s$ 、 $Y_s$ にセットする。ステップ#265でセットされた $X$ 、 $Y$ 位置にパン・チルトを制御する。次に、ステップ#267で、 $X \pm \Delta X$ 、 $Y \pm \Delta Y$ の領域の初期入力カラー画像のカラー情報 $R$ 、 $G$ 、 $B$ 値について統計処理を行い各領域についての標準偏差 $\sigma_R$ 、 $\sigma_G$ 、 $\sigma_B$ の算出を行う。ステップ#269でこれらの算出されたすべての標準偏差 $\sigma_R$ 、 $\sigma_G$ 、 $\sigma_B$ の値がそれぞれ設定された所定値未満であるかを判別し、所定値未満であれば、その小領域は明暗色情報は一樣な領域であるとしてズームング測定は実施せずにステップ#271へ進む。逆に所定値以上となる標準偏差 $\sigma_R$ 、 $\sigma_G$ 、 $\sigma_B$ がある場合には複雑な色彩情報を有する領域であると判断してズームング測定を行う(ステップ#275)。

【0121】ステップ#271では $X \pm \Delta X$ 、 $Y \pm \Delta Y$ の領域の初期入力距離値 $d$ の情報から標準偏差 $\sigma_d$ を算出し、ステップ#273では算出された標準偏差 $\sigma_d$ の値が設定された所定値未満であるかを判別し、所定値未満であればその小領域は形状変化の少ない平坦な領域であるとしてズームング測定は行わず、ステップ#279へ進む。逆に所定値以上であれば複雑な形状(距離情報)を有する領域であるとしてズームング測定を行う(ステップ#275)。

【0122】ステップ#275でのズームング測定の後、得られたピッチズレ画像、カラー画像、その画像が取り込まれた $X$ 、 $Y$ 方向の視野方向を示す情報(例えば、パン、チルトのデコード角度値)、レンズ焦点距離、測定距離情報等の情報が内部のMO等の記憶装置に記憶される(ステップ#277)。その後は、ステップ#279へ進む。

【0123】次にステップ#279では、パン・チルト位置 $X$ を $2\Delta X$ だけ変化させる。ステップ#281で $X$ 方向走査が完了しているかを判別し、完了していなければステップ#265へ戻る。完了していればステップ#283でパン・チルト位置 $Y$ を $2\Delta Y$ だけ変化させる。ステップ#285で全走査が完了しているかを判別し、完了していなければステップ#265へ戻り、完了していればステップ#287へ進み本ルーチンを終了する。

【0124】このように、概略画像データと、位置の判別が可能な部分詳細画像情報の入力ができ、概略画像データにその位置にあった部分詳細画像データを貼り合わ

せることで形状や色彩情報の複雑さに応じた効率の良い3次元入力を実現できる。

【0125】

【発明の効果】以上説明したように、2次元撮像素子で撮像した画像を読み出すときに、全領域を読み出すのではなく、投光したスリット光が入射すると推定される領域の帯状画像を読み出しているため、全領域を読み出す場合に比べて非常に短い時間で画像の読み出しができる。その結果、対象が動体であっても高速に対象物体の形状測定が可能であり、また逆に、本測定装置自体が移動体に設置されている場合でも対象物体の形状を高速に測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光切断法の原理を示す説明図。

【図2】本発明に係る装置全体の概略ブロック図。

【図3】本発明に係る装置全体の概略構成を示す斜視図。

【図4】対象物体面に生成する光量分布についての説明図。

【図5】撮像素子受光面に生成する光量分布についての説明図。

【図6】撮像素子受光面に生成する光量分布についての説明図。

【図7】投光光学系の構成を示す断面図。

【図8】投光スリット光の説明図。

【図9】受光光学系の構成を示す断面図。

【図10】カラー画像センサの入射波長の特性を示す説明図。

【図11】距離画像用センサの受光波長を示す説明図。

【図12】距離用センサの出力制御の例を示す説明図。

【図13】投光系と受光系の視差の説明図。

【図14】無段階仰角制御の説明図。

【図15】多段階仰角制御の説明図。

【図16】仰角固定最近接距離制御の説明図。

【図17】撮像素子に入射する反射光の入射範囲と走査範囲の説明図。

【図18】 $X-Y$ アドレス走査方式のセンサの説明図。

【図19】アナログ転送方式のセンサ(インターライン転送時)の説明図。

【図20】アナログ転送方式のセンサ(フレーム転送方式時)の説明図。

【図21】ブロック分割のセンサの説明図。

【図22】ブロック分割センサの行ランダムアクセスの説明図。

【図23】装置全体の回路構成のブロック図。

【図24】受光重心位置算出回路図。

【図25】メインルーチンの動作を示すフローチャート

【図26】カメラモードの動作を示すフローチャート

【図27】シャッターモードの動作を示すフローチャート

【図28】AF/AEサブルーチンのフローチャート

31

【図29】データ転送モードの動作を示すフローチャート

【図30】リプレイモードの動作を示すフローチャート

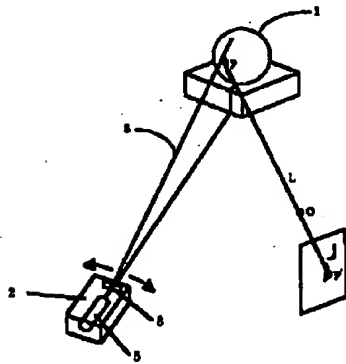
【図31】本計測装置の動作状態遷移図。

【図32】画像貼り合わせ機能の説明図。

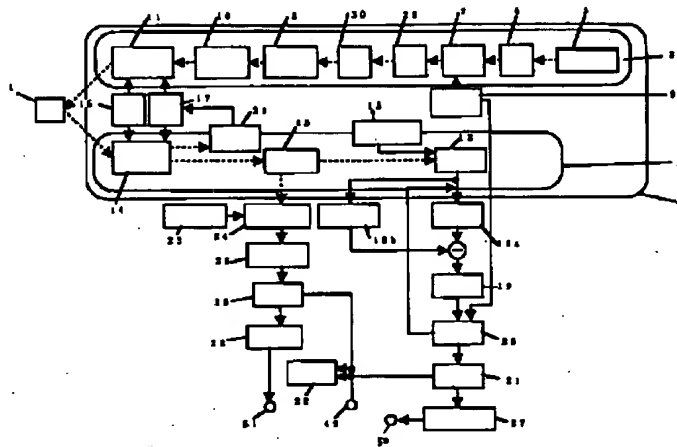
【図33】画像貼り合わせ機能の動作を示すフローチャート

【図34】画像貼り合わせ機能表示状態の説明図。

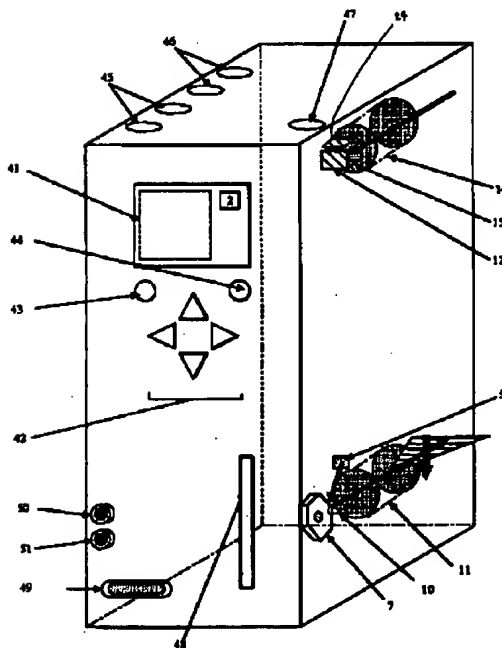
【図1】



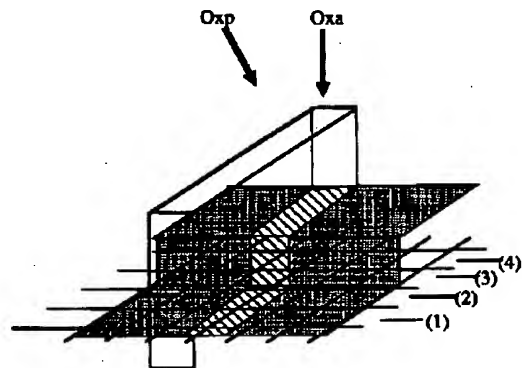
【図2】



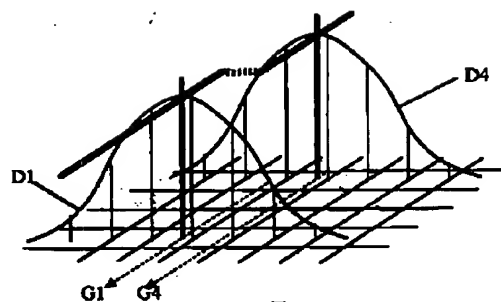
【図3】



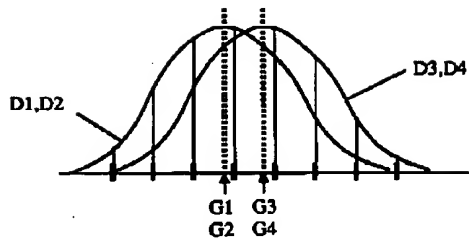
【図4】



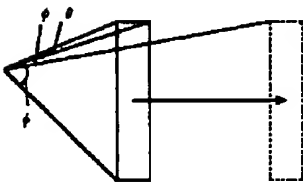
【図5】



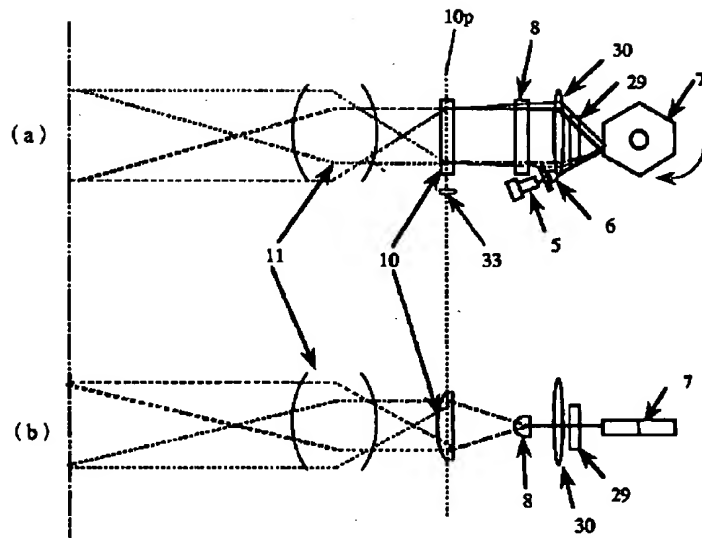
【図6】



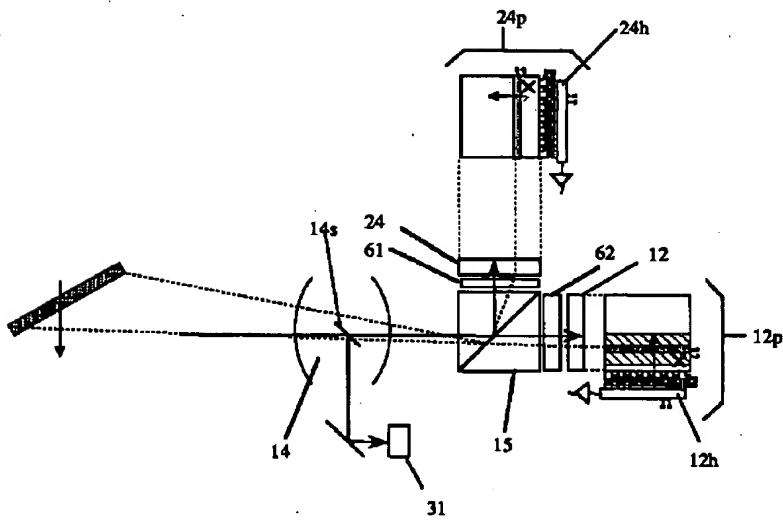
【図8】



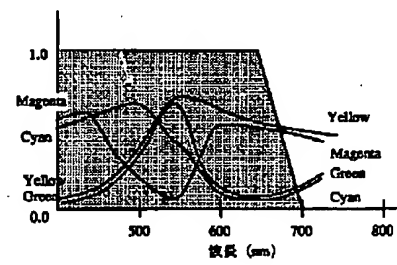
【図7】



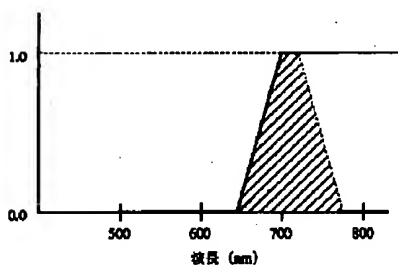
【図9】



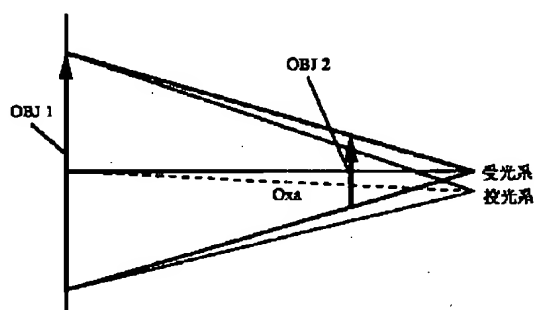
【図10】



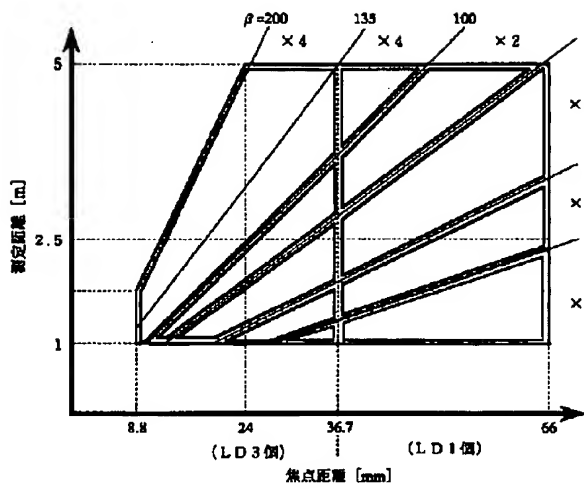
【図11】



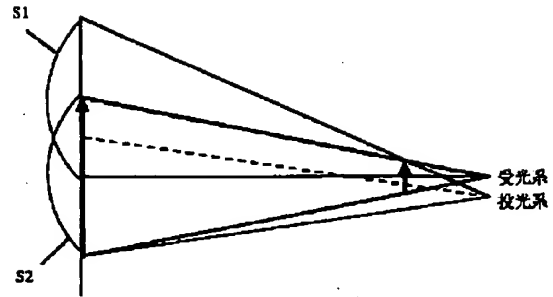
【図13】



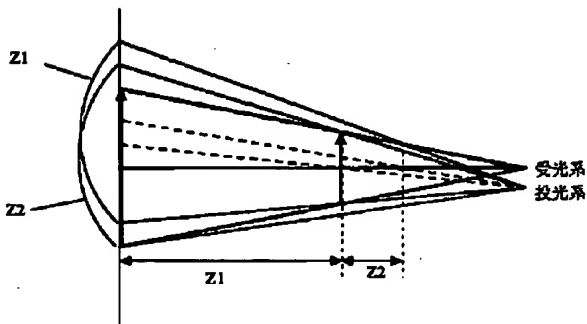
【図12】



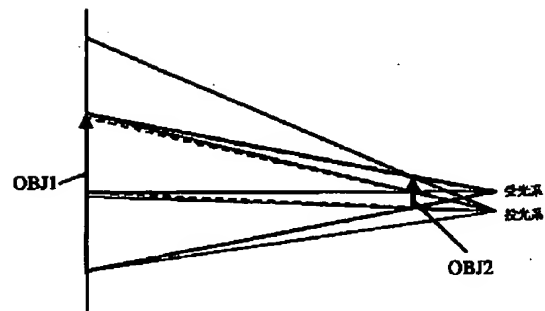
【図14】



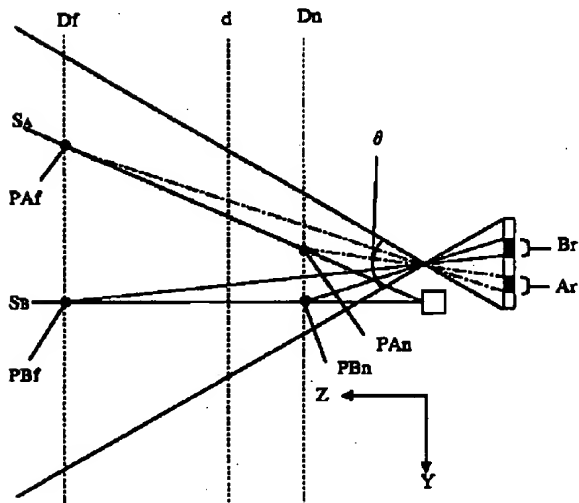
【図15】



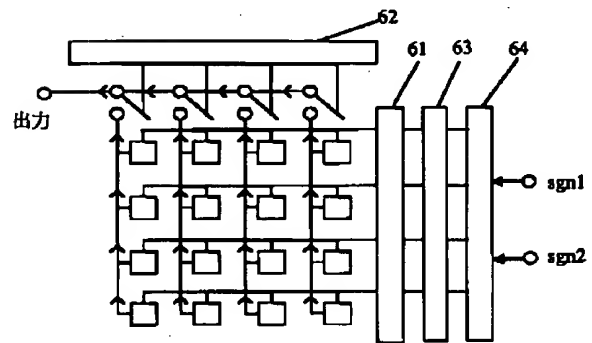
【図16】



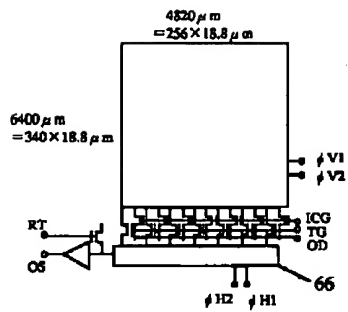
【図17】



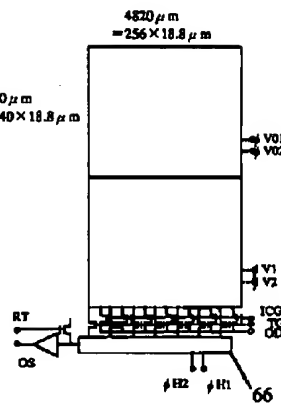
【図18】



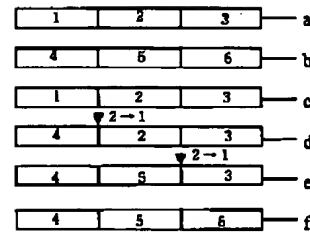
【図19】



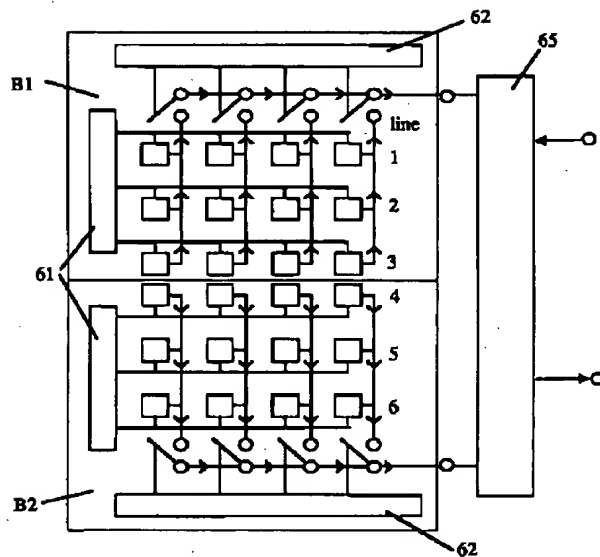
【図20】



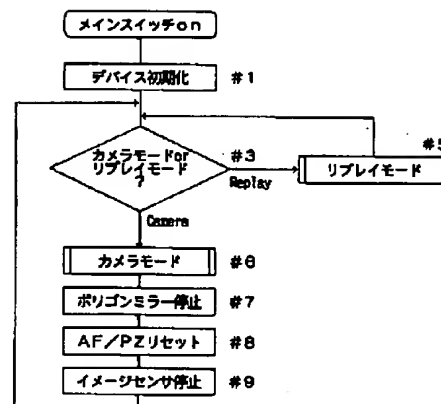
【図22】



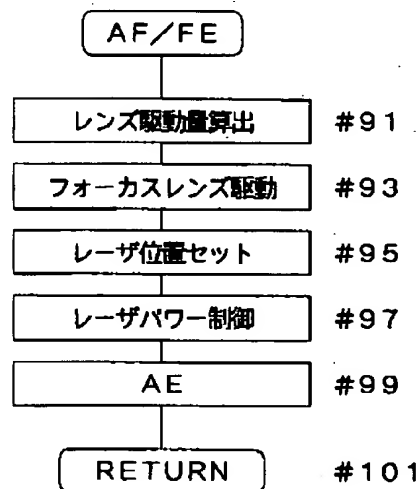
【図21】



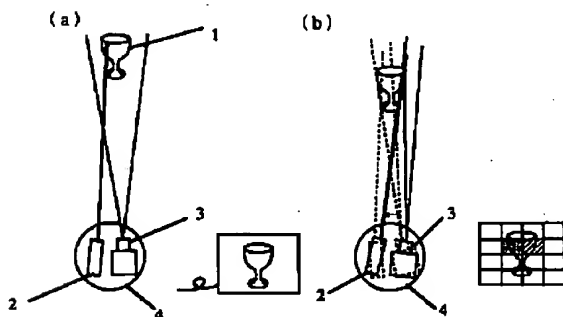
【図25】



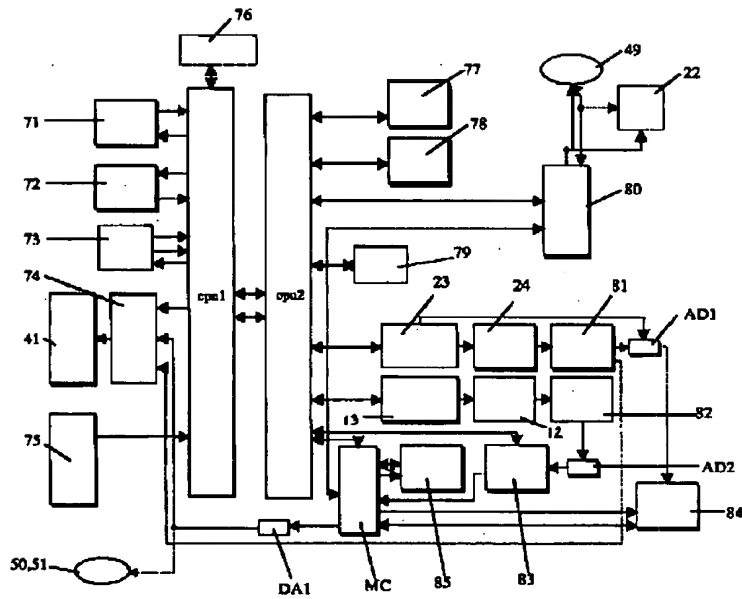
【図28】



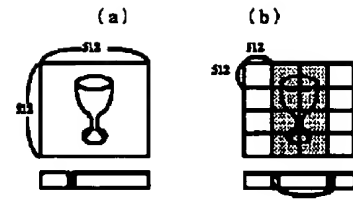
【図32】



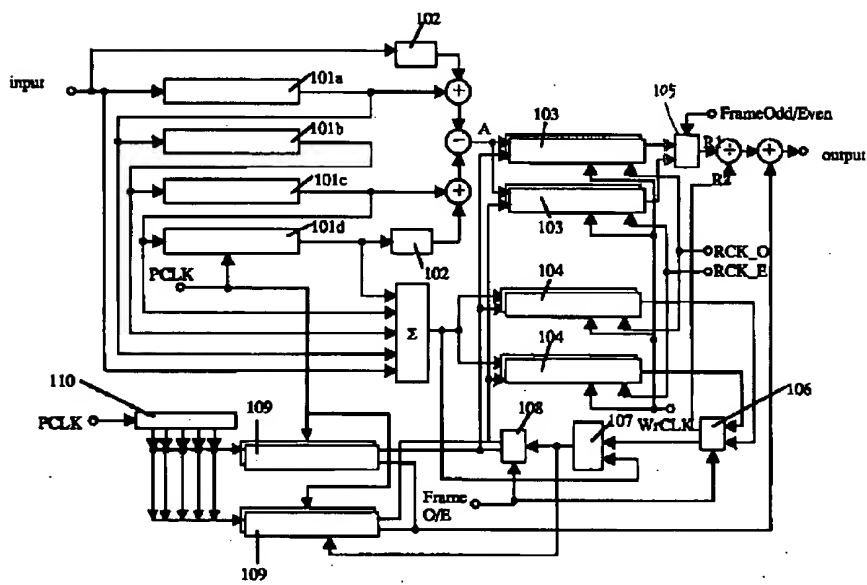
【図23】



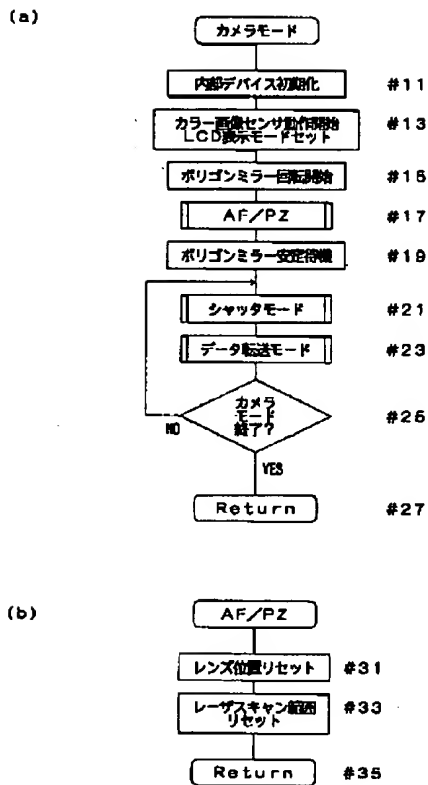
【図34】



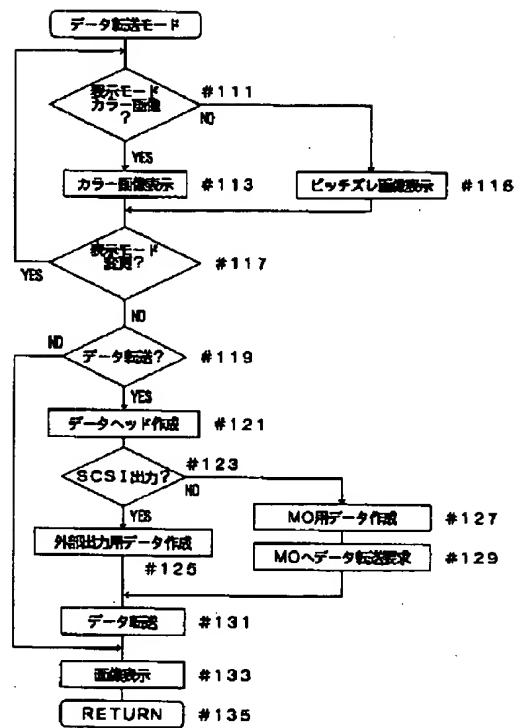
【図24】



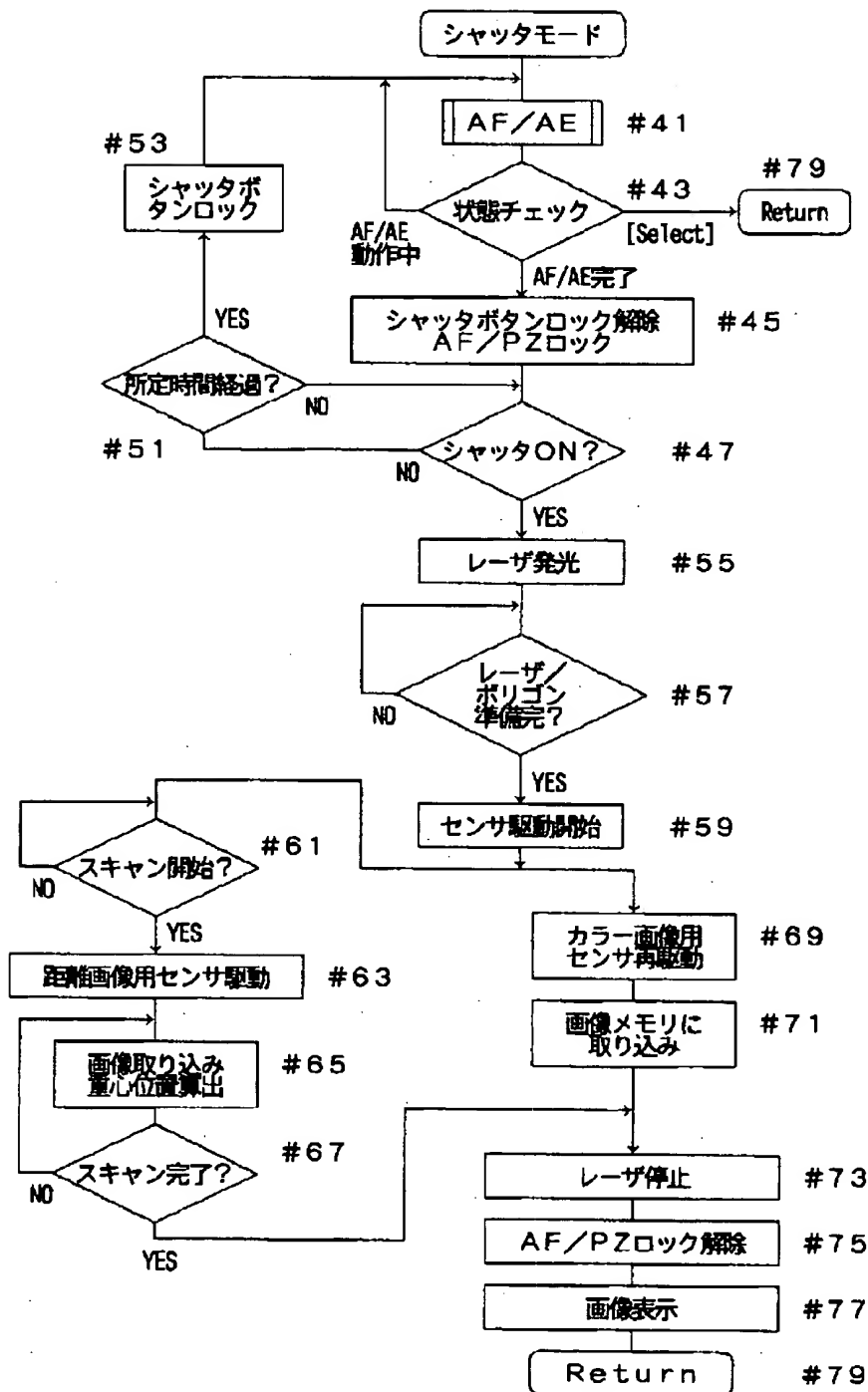
【図26】



【図29】

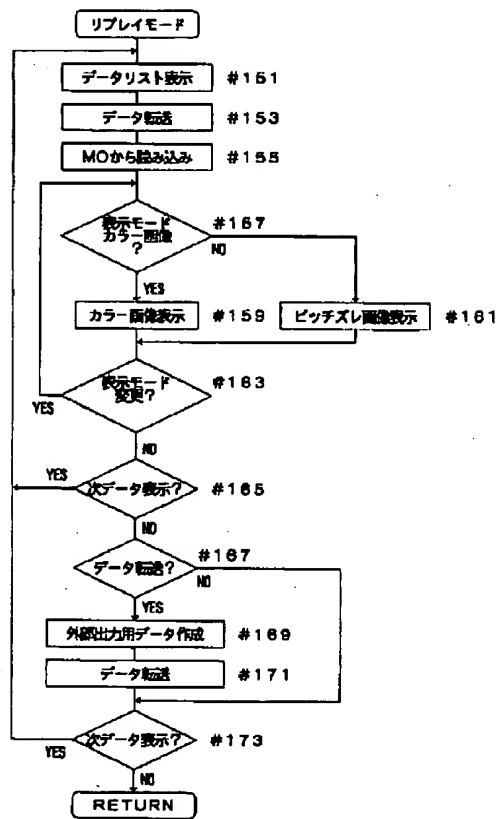


【図27】

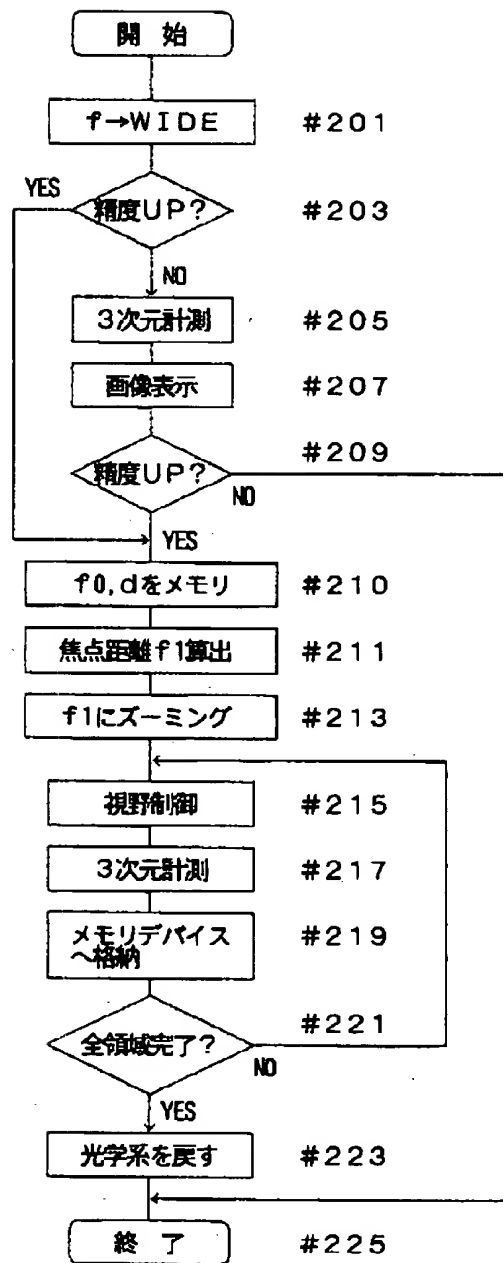




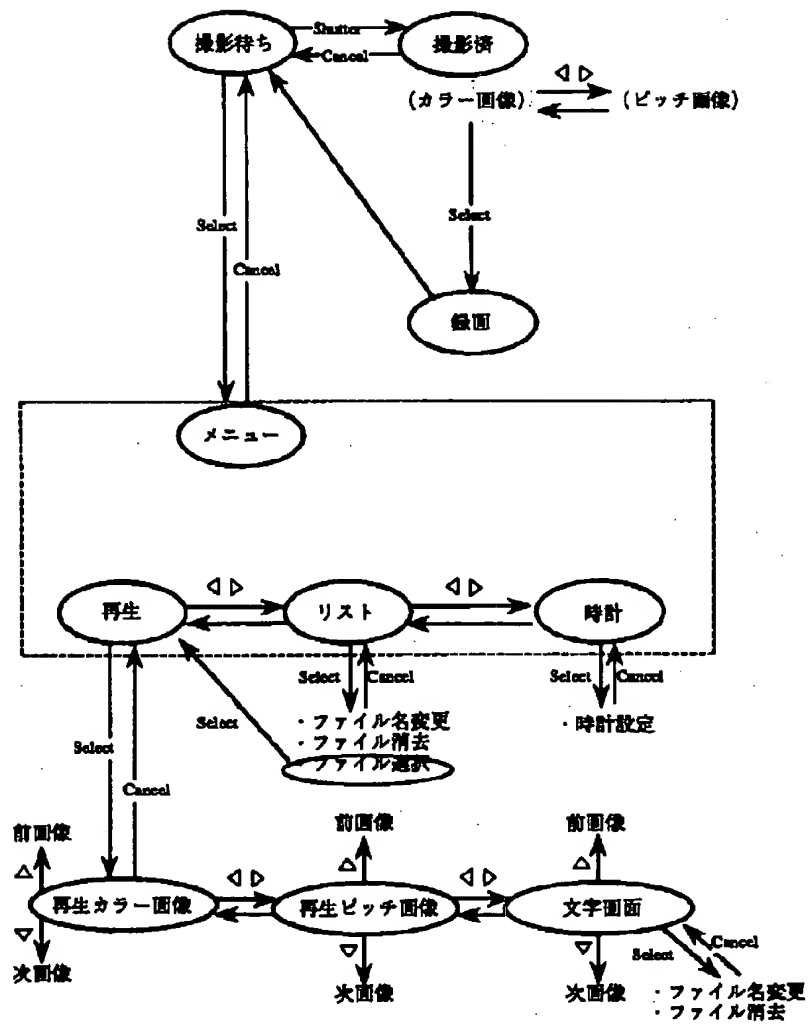
【図30】



【図33】



【図31】



【図35】

